

annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1976

Vol. 8 . N° 1

inra

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AR 8 (1) 1-181 (1976)

AZE8.1

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS Tél. : 551-41-09.

Directeur général : R. FÉVRIER

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, C. CALET, A. CAUDERON,
G. FAUCONNEAU, G. JOLIVET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

- J. CHAUSSIDON, Chef du département de Science du Sol, C. N. R. A.,
- L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, I. N. R. A.,
11, rue Jean-Nicolas, 75007 Paris.

Annales de Phytopathologie.

- J. PONCHET, Chef du Département de Pathologie végétale, 06602 Antibes.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
- A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
- B. L. DUMONT, Directeur du Laboratoire de Recherches sur la viande, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- A. FRANÇOIS, Directeur de Recherches à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
- J. PARDE, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
- B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

- J. LOUYEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux,
91440 Bures-sur-Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

- P. LARVOR, Directeur de la Station de Physiopathologie de la Nutrition, Theix, Saint Genès
Champanelle, 63110 Beaumont.

Annales d'Hydrobiologie.

- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.
- J. LECOMTE, Chef du Département d'Hydrobiologie, C. N. R. A.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

Annales
de
zoologie
écologie animale

Trimestriel

1976

Vol. 8 . N° 1

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

VARIATION DE LA FORMULE HÉMOCYTAIRE ET DU VOLUME D'HÉMOLYPHE CHEZ LA CHENILLE DE *PIERIS BRASSICAE* L.

Marie-Madeleine BREUGNON et J.-R. LE BERRE

Laboratoire d'Entomologie et d'Écophysiologie expérimentales,
Université Paris-Sud,
91405 Orsay

RÉSUMÉ

Cinq classes fondamentales d'hémocytes sont décrits chez *Pieris brassicae* : prohémoscytes, plasmatocytes de formes diverses, granulocytes, cellules à sphérules, coagulocytes. De plus, la forme des plasmatocytes est très variable, de telle sorte que plusieurs types sont communément observés.

La densité moyenne des hémocytes croît au cours de la 4^e mue et de la prénymphose. Cette augmentation importante du nombre des hémocytes correspond à une multiplication plus active des prohémoscytes pendant ces deux périodes.

On note en outre, à la fin des 4^e et 5^e stades larvaires, une augmentation considérable du nombre des cellules à sphérules, aux dépens des plasmatocytes semble-t-il.

Le volume de l'hémolymph par individu passe de 20 microlitres à 160 microlitres entre le début du 4^e stade et la fin du 5^e stade. Le taux de cette augmentation est assez voisin de celui qui caractérise l'évolution pondérale de la chenille.

INTRODUCTION

Chez les insectes, on appelle hémocytes les éléments figurés de l'hémolymph. Ces cellules appartiennent essentiellement à deux catégories : cellules sédentaires et cellules flottant dans l'hémolymph. Nous référant à la littérature, nous constatons que la classification de ces éléments est un problème encore discuté.

YEAGER (1945), par exemple, distingue chez la chenille de *Prodenia eridania* dix catégories d'hémocytes dans lesquelles il regroupe les quelques 32 formes observées. Plus tard JONES (1959) ramena les cellules de l'hémolymph de la même chenille à cinq types fondamentaux. En 1962, proposant une classification plus générale, ce dernier auteur distingue neuf types d'hémocytes : prohémoscyte, plasmatocyte,

granulocyte, coagulocyte, sphéroïdocyte, oenocytoïde, adipohémocyte, cellule à sphérules et cellule vermiforme.

En fait, la formule leucocytaire des insectes est généralement beaucoup plus simple en dépit du caractère pleiomorphique des cellules du sang. Déjà, en 1959, WIGGLESWORTH, tout en constatant que des homologues sont difficiles à établir, compte tenu de la disparité des techniques utilisées, admettait, dans un premier essai de généralisation, que la formule hémocytaire peut se réduire à quatre principaux types :

- Les prohémoctes, qui sont certainement à l'origine des autres types.
- Les phagocytes morphologiquement très diversifiés.
- Les non phagocytes, également de formes très diverses et parmi lesquelles on peut reconnaître par exemple les cellules à « sphérules » de *Sarcophaga bullata* décrites par JONES (1956), les cellules à « cristalloïdes » des larves de 1^{er} et 2^e stades de *Drosophila* signalées par RIZKI (1957).
- Les oenocytoïdes.

Depuis lors, il est apparu que, selon les insectes étudiés, la formule hémocytaire se résume à :

- 5 types fondamentaux (chenille de *Hyalophora cecropia* (LEA et GILBERT, 1966).
- 4 types fondamentaux (larves de *Sialis lutaria* : (SELMAN, 1962) et de *Melolontha melolontha* (COLLIN, 1963)).
- 3 types fondamentaux (larves de *Sarcophaga bullata*, *Drosophila melanogaster*, *Phormia regina* (WHITTEN, 1964)).

De ces 3 à 5 types fondamentaux dériveraient diverses formes évolutives donnant à la formule hémocytaire des Insectes son caractère pléiomorphique. Rappelons que toutes ces données ont été acquises par des études de type essentiellement morphologique qui ont été fortement mises en cause par CROSSLEY (1959). Cet auteur insiste sur la nécessité qu'il y a de faire appel, de préférence, aux techniques histo-chimiques et à la microscopie électronique. Ce faisant, CROSSLEY distingue chez *Calliphora erythrocephala* 7 types d'hémocytes qu'il désigne, non plus par des noms descriptifs, mais par des lettres.

Notre étude porte sur la chenille de *Pieris brassicae* et utilise les caractères morphologiques des cellules circulantes de l'hémolymph pour établir la formule hémocytaire. Les variations du volume d'hémolymph et celles du nombre des différents types d'hémocytes ont en outre été suivies en fonction du stade et de l'âge des chenilles.

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

1. — Détermination des différents types d'hémocytes

Pour explorer l'hémolymph des Piérides, nous avons choisi quatre techniques, dont deux pour examen à l'état frais :

- observation entre lame et lamelle ;
- observation en goutte pendante ;
- frottis sur lame ;
- *in toto* sur l'animal.

En goutte pendante et entre lame et lamelle, l'observation est faite dans les dix minutes qui suivent le prélèvement afin d'éviter toute altération. Dans le cas de fixation, à chaud, avant l'examen, les chenilles séjournent pendant 10 minutes dans une eau portée à une température de 60°C (technique de JONES, 1959).

Toutes les lames sont examinées au contraste de phase.

2. — Comptage des différents types cellulaires

Il a été fait avec une cellule de Malassez, à raison de 10 hématimètres pour chacun des âges de la larve.

3. — Détermination du volume de l'hémolymph

Pour cette étude qui porte essentiellement sur les deux derniers stades larvaires L_4 et L_5 , nous avons utilisé la méthode de dilution colorée de LEE (1961) appliquée à *Schistocerca gregaria* FORSK. Cette méthode consiste à injecter à la chenille une solution de rouge d'amarante. Après circulation du colorant, un échantillon d'hémolymph est prélevé et l'intensité de la couleur est comparée à celle de la solution standard.

On obtient le volume d'hémolymph par l'équation

$$V = \left(d \frac{g_1}{g_2} \right) - a,$$

d = volume de l'échantillon prélevé,

g_1 = poids du colorant injecté,

g_2 = poids du colorant contenu dans l'échantillon,

a = volume de solution saline injecté avec le colorant.

Afin d'injecter à la Chenille un volume minimum de colorant, nous avons utilisé une solution de rouge d'amarante à 4 p. 100.

Après pesée des chenilles qui ont subi un jeûne préalable de 2 heures, nous injectons à l'aide d'une microseringue, les quantités suivantes de colorant :

- 0,2 μ l aux larves L_4 , âgées de 0 et de 1 jour ;
- 0,5 μ l aux larves L_4 , âgées de 2 jours ainsi qu'aux larves L_4 en prémue ;
- 1 μ l aux larves L_5 , âgées de 0, 1, 2 et 3 jours ;
- 1,5 μ l aux larves L_5 , des 4^e et 5^e jours et aux pré-nymphes.

Cinq minutes après l'injection, le colorant étant en circulation dans l'hémolymph, on procède au prélèvement.

Suivant le stade des larves, on opère sur des lots allant de 2 à 20 individus. Un prélèvement total de 20 μ l est ramené à 1 ml avec une solution saline.

Le pic d'absorption du rouge d'amarante dans la lumière visible correspond à la longueur d'onde $\lambda = 520 \text{ \AA}$. Une courbe de référence est établie en portant en abscisse les différentes concentrations et en ordonnée les densités optiques correspondantes. Par simple lecture sur l'abaque, la concentration de colorant contenue dans chaque échantillon peut ainsi être mesurée. Ce qui permet de calculer ensuite le volume d'hémolymph de la larve.

RÉSULTATS

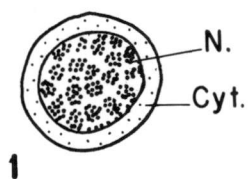
A. — Types de cellules observées

1. Sang frais.

Les multiples observations en goutte pendante et entre lame et lamelle, ont permis de reconnaître cinq types de cellules sanguines.

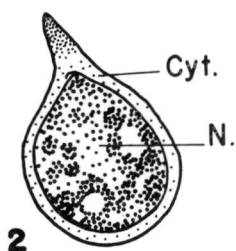
a) Prohémocytes.

Ce sont les plus petits des hémocytes. Ils ont l'aspect de cellules rondes foncées, au noyau important entouré d'un liseré de cytoplasme. Quand ils se transforment,



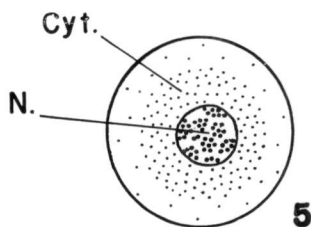
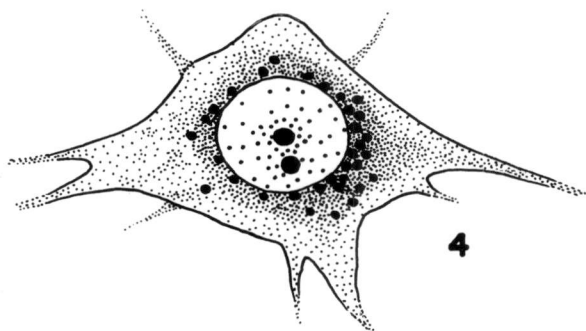
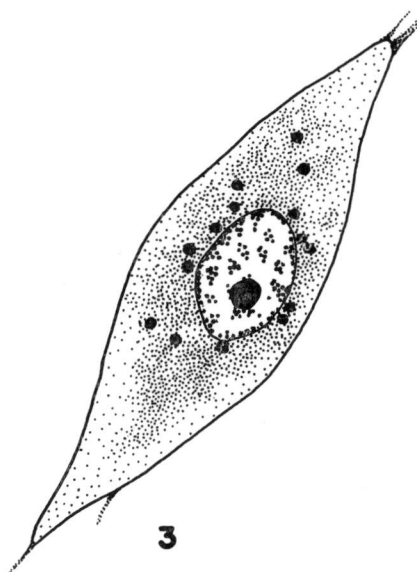
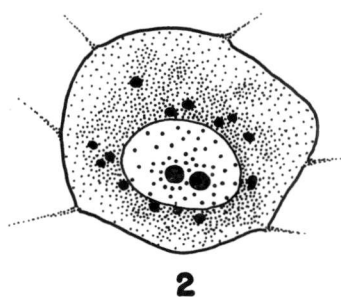
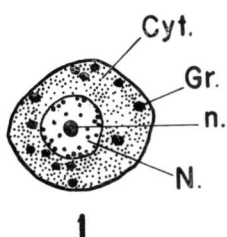
Prohémocyte

I



Prohémocyte en évolution

FIG. 1

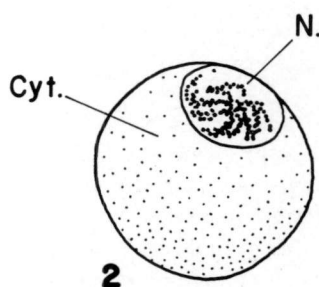
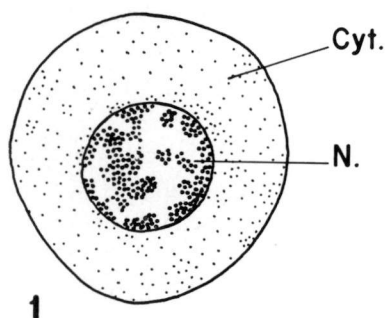
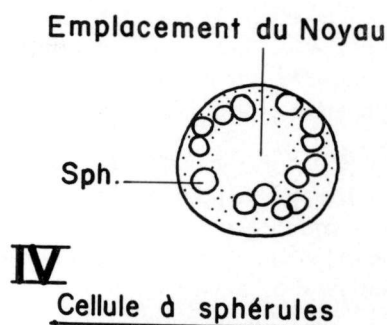
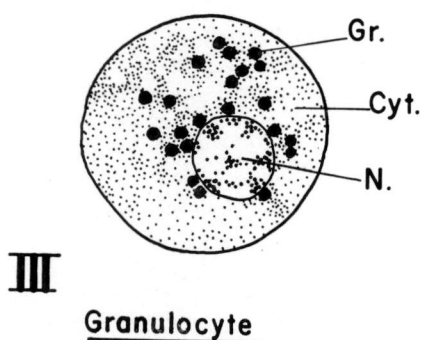


II

Plasmatocytes

10 μ

FIG. 2.



V Coagulocytes

10 μ

FIG. 3, 4, et 5.

FIG. 1 à 5. — Représentation schématique de quelques types d'hémocytes chez la Chenille de *Pieris brassicae*

N. : Noyau ; n. : nucléole ; cyt. : cytoplasme ; Gr. : granule

une ou deux expansions cytoplasmiques peuvent être observées (fig. 1₁ et 1₂). Ils sont le siège de mitoses que l'on observe pendant tout le développement.

b) *Plasmatocytes*.

Ces cellules prédominent dans l'hémolymph. Les types suivants sont généralement trouvés :

— plasmatocytes à cytoplasme clair, arrondis, un peu opalescents avec un noyau sombre, facilement reconnaissable (fig. II₅) ;

— plasmatocytes de taille variable à cytoplasme sombre et abondant. Ils sont très polymorphes. Ainsi, trouve-t-on à côté des formes arrondies, des formes allongées, fusiformes, surtout nombreuses chez les chenilles âgées (fig. II_{1, 2, 3, 4}). Le noyau de ces plasmatocytes contient un ou deux nucléoles bien visibles.

c) *Granulocytes.*

Ces cellules se caractérisent par la présence d'inclusions sombres, plus ou moins nombreuses. Elles sont généralement d'assez grande taille, leur diamètre étant compris entre 18 et 23 μ (fig. III). Elles sont en faible proportion tout au long du développement ainsi qu'on le verra plus loin.

d) *Cellules à sphérules.*

Il s'agit de petites cellules, dont le diamètre est de 11 à 13 μ et qui contiennent un grand nombre de sphérules claires (fig IV). Les hémocytes prennent souvent l'aspect d'une « morule » et peuvent éclater sous le poids de la lamelle, libérant leur contenu dans le milieu.

e) *Coagulocytes.*

Ces cellules sont de forme sphérique, elles contiennent un gros noyau granuleux et foncé entouré d'un abondant cytoplasme clair. Leur diamètre dépasse fréquemment 20 μ (fig. V). Ce type d'hémocyte relativement rare chez *Pieris brassicae* se montre très fragile. Il éclate facilement, provoquant une coagulation de l'hémolymphe environnante.

2. *Sang fixé.*a) *Observations sur frottis colorés.*

Les prothémocytes, plasmatoctes, granulocytes, sphéroïdocytes sont aisément retrouvés, au contraire des coagulocytes qui ne sont jamais observés. Les différentes colorations utilisées montrent que le cytoplasme des plasmatoctes est basophile, celui des granulocytes contient des inclusions acidophiles, tandis que les sphérules claires des sphéroïdocytes sont P.A.S. positif.

b) *Observations de l'hémolymphe prélevée sur chenilles fixées à chaud.*

La goutte d'hémolymphe que l'on tire de la Chenille n'est plus jaune clair mais blanc laiteux. On y retrouve les plasmatoctes et les prothémocytes, les premiers étant les plus nombreux. Par contre, les granulocytes, coagulocytes et cellules à sphérules ne sont pas observés.

De cette étude il apparaît de façon claire que la formule hémocytaire de l'Insecte varie considérablement selon la technique utilisée et que l'examen du sang à l'état frais constitue l'un des moyens les plus sûrs pour retrouver les différents types d'hémocytes. Par ailleurs, la formule hémocytaire de la chenille de *Pieris brassicae* est assez conforme à celle trouvée chez les autres insectes. Remarquons toutefois l'absence d'oénocytoides, hémocytes très souvent signalés chez les Coléoptères, Diptères et Hémiptères et observés en faible proportion par AGHAR (1928) chez diverses chenilles dont celle de la Piéride du Chou.

B. — *Variations numériques des hémocytes au cours du développement*

L'examen des données rassemblées dans le tableau 1 permet de dégager les faits suivants :

1° La densité des hémocytes croît au cours des 4^e et 5^e stades, faiblement d'abord puis de façon très accusée respectivement peu avant la 5^e mue d'une part, la nymphose

TABLEAU I

Total journalier des hémocytes et comparaison entre leurs différents types

25°C	Valeur moyenne du nombre total d'hémocytes par μ l	Pourcentages des différents types cellulaires dans l'hémolymphe de <i>Pieris brassicae</i> (1)					
		Prohémocytes	Plasmotocytes		Cellules à sphérules	Granulocytes	Coagulocytes
			à cytoplasme sombre	à cytoplasme clair			
L ₄ 0 jour	s = 3 000 $\pm$ 696	13,6 $\pm$ 6	78,20 $\pm$ 7,68	6 $\pm$ 3,31	2,20 $\pm$ 2	0	0
L ₄ 1 ^{er} jour	s = 3 520 $\pm$ 334	5 $\pm$ 1,82	86,25 $\pm$ 2,64	4,75 $\pm$ 1,91	3,50 $\pm$ 0,57	0	0,25
L ₄ 2 ^e jour	s = 3 760 $\pm$ 1 092	2,71 $\pm$ 2,10	35,14 $\pm$ 8,71	5,85 $\pm$ 6	53,16 $\pm$ 5,70	3	0,14
L ₄ pré-mue	s = 12 010 $\pm$ 1 356	60,66 $\pm$ 1,70	33,83 $\pm$ 3,31	4,51 $\pm$ 3,30	1	0	0
L ₅ 0 jour immédiatement après la mue	s = 4 500 $\pm$ 969	59,20 $\pm$ 6,30	37,80 $\pm$ 5,80	2,20 $\pm$ 2,17	0,60	0,20	0
L ₅ 1 ^{er} jour	s = 3 500 $\pm$ 851	51 $\pm$ 11,20	46,70 $\pm$ 10	1,45 $\pm$ 2,30	0,57	0,28	0
L ₅ 2 ^e jour	s = 3 971 $\pm$ 520	40,57 $\pm$ 9,50	56,14 $\pm$ 8,94	1,14	1,73 $\pm$ 1,60	0,42	0
L ₅ 3 ^e jour	s = 4 640 $\pm$ 740	24 $\pm$ 7,40	62,15 $\pm$ 6	4 $\pm$ 5,47	7 $\pm$ 4,96	2,71 $\pm$ 3,68	0,14
L ₅ 4 ^e jour	s = 5 916 $\pm$ 1 361	1,88 $\pm$ 3,28	68,28 $\pm$ 9	0,14	23,57 $\pm$ 9,98	5,85 $\pm$ 2,40	0,28
L ₅ 5 ^e jour	s = 6 140 $\pm$ 1 120	0	19 $\pm$ 15,50	15,50 $\pm$ 17,70	64 $\pm$ 1,4	1,50	0
L ₅ pré-nymphe	s = 14 020 $\pm$ 1 570	0	13,50 $\pm$ 2,23	4 $\pm$ 3,5	80 $\pm$ 7,10	2,50	0

(1) Chaque mesure correspond à un comptage de 100 cellules de Malassez.

d'autre part. Une chute importante caractérise en outre le passage du 4^e au 5^e stade puisque la densité des hémocytes tombe alors de 12 010 à 4 500. Rappelons en outre que la densité des hémocytes trouvée ici en fin de développement larvaire (14 020) est très voisine de celle signalée antérieurement par AGHAR (1928) chez des « chenilles adultes » (12 000).

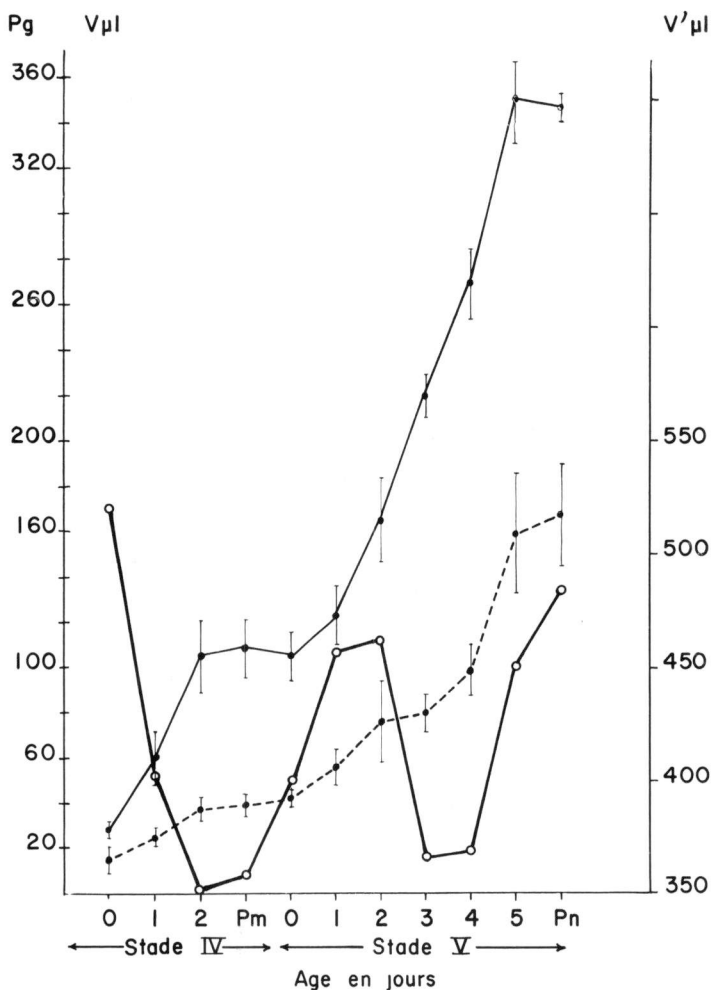


FIG. 6. — Variations comparées du poids frais (●—●), du volume d'hémolymphe de la Chenille (●—●) et du volume d'hémolymphe rapporté au gramme de poids frais de la Chenille (○—○)
(Les traits verticaux donnent l'écart à la moyenne des mesures effectuées)

2° Les prohémyocytes sont particulièrement nombreux à la fin du 4^e stade et au début du 5^e. Les plasmatocytes dominent très nettement au début du 4^e stade et au milieu du 5^e, les cellules à sphérules deviennent très nombreuses peu avant la prémue du 4^e stade et la prénymphe. On constate par ailleurs que les granulo-

cytes sont le plus souvent en très petit nombre tandis que les coagulocytes sont rares ou absents, ce qui tient peut-être à leur extrême fragilité ainsi que l'ont signalé différents auteurs.

C. — *Variations du volume d'hémolymphe
en fonction du stade et de l'âge de la Chenille*

Les résultats sont groupés dans le tableau 2 et la figure 6. Leur examen montre qu'il y a une importante augmentation du volume d'hémolymphe entre le début du 4^e stade et la fin du 5^e puisque celui-ci passe de 14,17 μ l à 167, 75 μ l.

On constate en outre que cette augmentation est assez comparable à celle de la croissance pondérale de la Chenille puisque les coefficients d'augmentation au cours des deux stades sont respectivement de 10,5 et de 11,5.

Toutefois, l'étude détaillée des rapports poids de la Chenille et volume d'hémolymphe montre que les variations au cours du développement ne vont pas toujours dans le même sens. Ainsi l'augmentation de volume de l'hémolymphe est moins rapide que celle du poids de la Chenille pendant la majeure partie du 4^e stade et du 5^e stade. Par contre, le passage du stade 4 au stade 5 voit une faible diminution du poids de la Chenille, mais une légère augmentation du volume de l'hémolymphe ; celui-ci augmente beaucoup plus vite que le poids de la Chenille pendant les deux jours qui suivent la 4^e mue ainsi qu'en fin de développement larvaire.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

1. Les cinq types d'hémocytes couramment observés chez les insectes : prohé-mocytes, plasmatoctes, cellules à sphérules, granulocytes, coagulocytes ont été identifiés dans l'hémolymphe de la Chenille de *Pieris brassicae*. Toutefois, il est à noter que granulocytes et coagulocytes sont fréquemment absents ou très peu nombreux sinon même rares, de telle sorte que l'hémogramme de la Chenille de *Pieris brassicae* est surtout caractérisé par trois types cellulaires seulement : prohé-mocytes, plasmatoctes et cellules à sphérules.

Il est évidemment difficile de comparer nos observations à celles faites antérieurement par AGHAR (1928) eu égard à des terminologies différentes. Rappelons cependant que cet auteur signale la présence d'œnocytoïdes que nous n'avons pas observés.

2. Les proportions de chaque catégorie d'hémocytes varient considérablement en fonction de la technique utilisée et, pour une technique donnée, de l'âge de la Chenille. On remarque en particulier le remplacement semble-t-il des plasmatoctes par des cellules à sphérules en fin de développement larvaire. Selon YEAGER (1945) et JONES (1959), les cellules à sphérules dériveraient des prohé-mocytes chez la Chenille de *Prodenia*. Or, ici, les prohé-mocytes ont disparu avant que les cellules à sphérules deviennent majoritaires. Par ailleurs, le nombre total des hémocytes par microlitre fait plus que doubler en fin de développement, tandis que celui des plasmatoctes diminue considérablement. Cela suggère une fourniture de cellules à sphérules soit *de novo*, à partir d'organes hématopoïétiques comme cela est signalé

chez *Sarcophaga* (JONES, 1956) soit en partie *de novo* comme ci-dessus et en partie par modification des plasmatocytes ainsi que le suggère DEVAUCHELLE (1971) chez *Melolontha*. Mais à aucun moment, il ne peut être assuré que les cellules à sphérules proviennent directement de prohémyocytes.

3. En ce qui concerne le nombre des hémyocytes, COLLIN (1963) trouve chez la larve de *Melolontha* au dernier stade une moyenne de 4 000 hémyocytes $\pm$ 30 p. 100 par mm³. L'auteur indique en outre qu'il ne semble pas y avoir de différences sensibles en fonction du stade de l'insecte.

Étudiant le Ver à soie, NITTONO (1960) montre que la densité des hémyocytes augmente avant la mue, diminue après et subit une nouvelle augmentation maximale au moment du filage du cocon. Pour expliquer ces variations, l'auteur fait appel non seulement à une multiplication des hémyocytes, mais aussi à une diminution du volume du sang.

TABEAU 2
Volume de l'hémolymphe

Stade	Age en jours	Poids frais en mg	Volume du sang par chenille (en μ l)	Nombre d'hémocytes par chenille	Volume du sang en μ l par unité de poids (g)
L ₄	0	s = 27,75 $\pm$ 2,50	14,57 $\pm$ 5,30	43 710	522,52
	1	59,68 $\pm$ 10,80	23,98 $\pm$ 3,10	84 409	401,81
	2	105,51 $\pm$ 16,10	37,11 $\pm$ 5,07	139 533	351,72
	Prémue	108,85 $\pm$ 12,09	38,93 $\pm$ 5,49	467 549	357,64
L ₅	0	106,20 $\pm$ 9,97	42,48 $\pm$ 3,42	191 160	400,00
	1	123,11 $\pm$ 12,85	56,27 $\pm$ 8,11	196 945	457,07
	2	165,30 $\pm$ 18,37	76,46 $\pm$ 17,62	303 822	462,55
	3	219,74 $\pm$ 9,14	80,40 $\pm$ 8,35	373 056	465,89
	4	269,50 $\pm$ 14,72	99,43 $\pm$ 11,38	588 227	368,94
	5	351,11 $\pm$ 17,60	158,73 $\pm$ 25,82	975 102	452,08
	prénympe	346,85 $\pm$ 5,76	167,75 $\pm$ 21,78	2 351 855	483,63

Chez *Pieris*, où notre étude a porté parallèlement sur le nombre des hémyocytes et sur le volume du sang, la comparaison des données des tableaux 1 et 2 permet de dégager les faits suivants :

a) Contrairement à ce qui est rapporté pour *Melolontha* la densité des hémyocytes varie d'un stade à l'autre chez la Chenille de *Pieris brassicae*.

b) Comme cela se passe chez le Ver à soie, on note une très forte augmentation de la densité des hémyocytes peu avant la mue, puis une diminution très accusée après

la mue. En tenant compte des variations de volume de l'hémolymph pendant la mue, il apparaît que cette variation de la densité des hémocytes ne peut être due à une diminution du volume de l'hémolymph comme le suggère NITTONO (1960). En effet un jour avant la 4^e mue, le volume du sang est de 37,11 μ l ; immédiatement avant la mue, il atteint 38,93 μ l et après la mue 42,48 μ l. On est donc conduit à admettre une forte multiplication des cellules du sang au moment de la mue. Il est à remarquer que la proportion des prohémosocytes est élevée pendant toute cette période et qu'il existe de nombreuses mitoses.

c) Le calcul du nombre total des hémocytes effectué en fonction de l'âge et du stade des chenilles montre qu'il y a, indépendamment de la période prémue, une nette augmentation du nombre des hémocytes au cours du déroulement de chacun des deux stades étudiés. Par exemple, le nombre des cellules sanguines fait plus que doubler en 2 jours chez les larves du 4^e stade et quintupler au cours des 5 jours de développement des larves du 5^e stade. Cela suggère que la multiplication des hémocytes n'intéresse pas seulement la prémue, mais se manifeste tout au long du développement de la Chenille. Au nombre de 61 710 au début du 4^e stade, les hémocytes sont 2 351 855 au stade prénymphé.

4. Le volume d'hémolymph augmente de façon très sensible au cours de chacun des deux stades étudiés et légèrement lors du passage d'un stade à l'autre. Ce dernier résultat diffère de celui d'autres auteurs tels que LEE (1961), HILL et GOLDSWORTHY (1968), KINNEAR, MARTIN, THOMSON et NEUFELD (1968), LOUGHTON et TOBE (1969) qui notent une diminution du volume d'hémolymph immédiatement ou peu après la mue.

Reçu pour publication en août 1975.

SUMMARY

FLUCTUATION OF THE HAEMOCYTAR FORMULA AND OF THE HAEMOLYMPH VOLUME IN THE CATERPILLAR *PIERIS BRASSICAE* L.

Five classes of haemocytes have been found in *Pieris brassicae*: prohemocytes, plasmatocytes, coagulocytes, spherules cells and granulocytes. Moreover, the shape of plasmatocytes is very variable so that several morphological types are observed.

The mean density of cells increases through the 4th moulting and the prenympheal stage. This high increase depends of more active multiplication of prohemocytes through these periods.

At the end of each stage, it occurs spherules cells proceeding probably from plasmatocytes.

The haemolymph volume per animal increases from twenty microlitres to one hundred and sixty microlitres since the beginning of the fourth larval stage to the end of the fifth stage. The increase rate of haemolymph volume is quite the same of the increase rate of fresh weight of caterpillars.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGHAR M., 1928. Contribution à l'étude de l'immunité chez les Insectes (Thèse de Doctorat en Pharmacie, Montpellier) in HOLLANDE A. CH., 1930. La digestion des bacilles tuberculeux par les leucocytes du sang des chenilles. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, **70**, 231-280, pl. XIII.
- COLLIN N., 1963. Les hémocytes de la larve de *Melolontha melolontha* L. (Coléoptère Scarabaeidae). *Rev. Pathol. végét. Entomol. agric. Fr.*, **42**, (3), 161-167.

- CROSSLEY A. C. S., 1964. An experimental analysis of the origins and physiology of haemocytes in the blue blow-fly *Calliphora erythrocephala* (MEIG.). *J. exp. Zool.*, **157**, 375-397.
- DEVAUCHELLE G., 1971. Étude ultrastructurale des hémocytes du Coléoptère *Melolontha melolontha* L. *J. Ultrastructure Res.*, **34**, 492-516.
- HILL L., GOLDSWORTHY G. J., 1968. Growth, feeding and activity and the utilization of reserves in larvae of *Locusta*. *J. Insect Physiol.*, **14**, 1085-1098.
- JONES J. C., 1956. The hemocytes of *Sarcophaga bullata* (P.). *J. Morph.*, **99**, 233-257.
- JONES J. C., 1959. A phase contrast study of the blood cells in *Prodenia* larvae (order Lepidoptera). *Quart. J. Microsc. Sci.*, **100**, 17-23.
- JONES J. C., 1962. Current concepts concerning insect hemocytes. *Amer. Zool.*, **2**, 209-216.
- KINNEAR J. F., MARTIN M. D., THOMSON J. A., NEUFELD C. G., 1968. Developmental changes in the late larva of *Calliphora stygia*. I. Haemolymph. *Austr. J. biol. Sci.*, **21**, 1033-1045.
- LEA M. S., GILBERT L. I., 1966. Hemocytes of *Hyalophora cecropia* (Lepidoptera). *J. Morph.*, **118**, 197-216.
- LEE R. M., 1961. The variation of blood volume with age in the desert locust (*Schistocerca gregaria* FORSK.). *J. Insect. Physiol.*, **6**, 35-51.
- LOUGHTON B. G., TOBE S. S., 1969. Blood volume in the African Migratory Locust. *Can. J. Zool.*, **47**, 1333-1336.
- NITTONO Y., 1960. Studies on the blood cells in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Bull. seric. exp. Stn, Suginami-Ku, Tokyo*, **16** (4), 171-266.
- RIZKI M. T. M., 1957. Alterations in the haemocyte population of *Drosophila melanogaster*. *J. Morph.*, **100**, 437-458.
- SELMAN B. J., 1962. The fate of the blood cells during the life of *Sialis lutaria* L. *J. Insect. Physiol.*, **8**, 209-214.
- WHITTEN J. M., 1964. Haemocytes and the metamorphosing tissues in *Sarcophaga bullata*, *Drosophila melanogaster* and other cyclorrhaphous Diptera. *J. Insect. Physiol.*, **10**, 447-469.
- WIGGLESWORTH V. B., 1959. Insect blood cells. *Ann. Rev. Entom.*, **4**, 1-16.
- YEAGER J. F., 1945. The blood picture of the southern armyworm (*Prodenia eridania*). *J. agric. Res.*, **71**, 1-40.
-

THE REPRODUCTIVE SYSTEM
OF THE SOUTHERN COWPEA WEEVIL,
CALLOSOBRUCHUS MACULATUS F.
(COL. BRUCHIDAE)

M. Y. Y. AHMED ⁽¹⁾, Y. S. SALEM* and E. A. ELBADRY*

*Radiobiology Department,
Atomic Energy Establishment,
Cairo (Egypt)*

** Plant Protection Department,
Faculty of Agriculture, Ain Shams University,
Cairo (Egypt)*

SUMMARY

Female reproductive system contains two ovaries, each consists of six ovarioles which open into an egg calyx. The paired oviducts fuse posteriorly to form the vagina. The bursa copulatrix lies dorsal to the oviducts. There are also two bursal glands, each in the lateral side of the bursal wall. The spermatheca is a brown, well sclerotized, hook shaped structure. The fecondation canal is a very thin tube which runs ventrally to the vagina.

Male reproductive system has two testes, each consists of two testicular follicles. The paired vasa deferentia are very short, but each one is slightly swollen at the junction with the other and at the top of the ejaculatory duct to form vesicula seminalis. Arising from the distal ends of the vasa deferentia are 6 sac-like accessory glands of 3 types. The ejaculatory duct is a simple tube which leads to the aedeagus which is known as the transfer apparatus.

INTRODUCTION

The southern cowpea weevil, *C. maculatus* is one of the most important pests which attack cowpeas during storage. It also lays its eggs on the exterior of ripening pods in the field. The adult weevil is a fairly strong flier and will fly from infested seeds in storage, from neglected small lots of cowpeas in warehouses of farms, or from cowpeas remaining in straw-stacks to the fields where it causes pre-harvest infestation.

⁽¹⁾ Adresse actuelle : Stored Product Insects Research and Development Laboratory, Agriculture Research Service, USDA, Savannah, Georgia 31403.

In recent years much effort has been devoted to developing nonchemical methods of controlling insects in grain and grain products. Potentially, all insect species that occur in stored products can be controlled by gamma radiation.

In order to study the effects of gamma radiation on this pest, it was felt necessary to study the structure of the reproductive system, and this is the objective of the present paper.

MATERIALS AND METHODS

To obtain newly emerged adults, mated females were allowed to oviposit on uninfested cowpeas in a jar for a day, after which the females were removed. Jars were covered with muslin secured with rubber bands and kept under constant temperature of 25°C and 75 p. 100 relative humidity (EL-SAWAF, 1956).

Newly emerged adults were dissected in a saline solution (7.5 g NaCl, 0.1 g NaHCO₃, 0.2 g KCl, 0.2 g CaCl₂, 1 000 C H₂O). The ovaries and/or testes were removed, placed in a drop of saline on a glass slide and studied under the dissecting microscope.

RESULTS AND DISCUSSION

The female reproductive system has a pair of ovaries, each consists of 6 acrotrophic ovarioles (fig. 1 ovr.). The ovarioles converge at the anterior end to form terminal filaments (t.f.). The ovariole opens into an egg calyx (e.c.). Each ovariole is

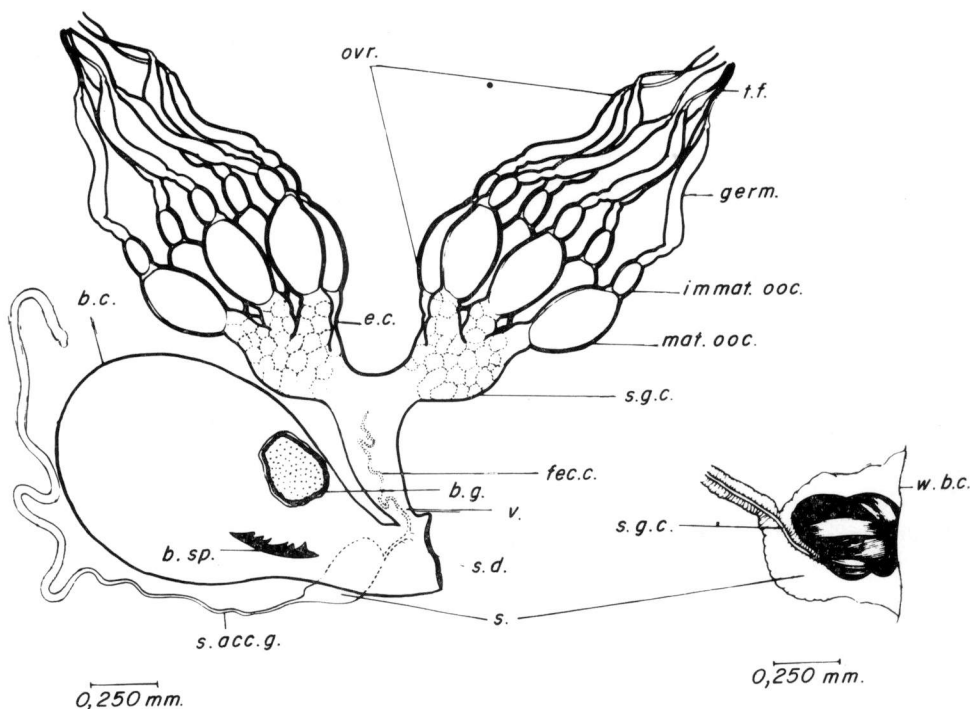


FIG. 1. — Female reproduction system

about 1.42 mm in length. The egg calyx of all ovarioles open into an oviduct, which measures about 0.25 mm in length. The paired oviducts (ovd.) fuse posteriorly to form the vagina (v.). The length of vagina is about 0.42 mm. The bursa copulatrix (b.c.) arises as a sac-like from the vagina and lies dorsally to the oviducts and bears on its dorsal wall a sclerotized rod structure armed with 6 large posteriorly directed spines (b.sp.). This sclerotized rod is about 0.26 mm in length. There are also two spherical and cup-like shaped bursal glands (b.g.), each one in the lateral side of the bursal wall. Each bursal gland is approximately equal in size to the spermatheca. The maximal length of bursa copulatrix is about 1.50 mm, and its maximal width is about 0.80 mm.

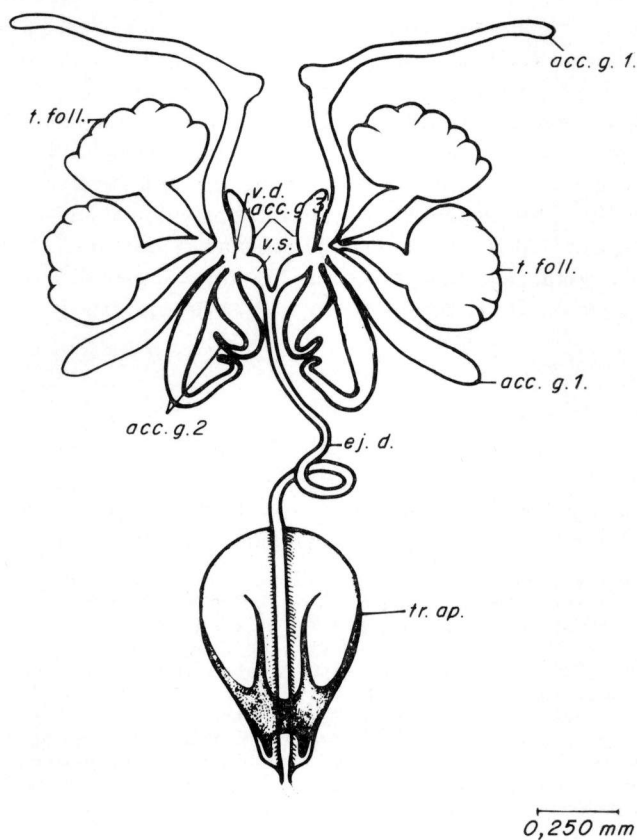


FIG. 2. — Male reproductive system

The spermatheca is a brown, well sclerotized, hook shaped structure (s.) which is blunt at one end and tapers to a point at the other. The maximal length of spermatheca is about 0.30 mm, and its maximal width is about 0.20 mm. From the blunt end, the spermathecal duct (s.d.) arises and connects the spermatheca with the bursa copulatrix and fecundation canal (fec.c.) in the region where the former enters the vagina. Also arising from the blunt end of the spermatheca is the spermathecal accessory gland (s. acc. g.) which is 1.80 mm long thread like structure,

slightly swollen at the distal end. The fecundation canal is a very thin tube which runs ventrally to the vagina and is inserted at the point of communication of the oviducts. This canal is about 0.86 mm in length.

The female reproductive organs of *C. maculatus* are closely related to that described for *Bruchidius ater* (MARCH.) by PARNELL (1964) except for the number of ovarioles.

The male reproductive system consists of two testes each testes composed of two testicular follicles and appears as optically compressed globular yellowish-white bodies measuring 0.56 mm in length and 0.69 mm in width at time of maturity figure 2 (t.foll.). The paired vasa deferentia (v.d.) are very short about 0.18 mm, but each one is slightly swollen at the junction with the other at the top of the ejaculatory duct to form vesicula seminalis (v.s.). It is about 0.12 mm in length. Arising from the distal ends of the vasa deferentia are 6 sac-like accessory glands of 3 types. Two of these glands (acc.g.1.) are granular greyish-white in appearance. Each gland is Y-shaped, one arm measures about 1.51 mm and the other is about 0.68 mm in length. Two smaller, sac-like glands (acc.g.2.) are white-bluish in color. Each gland is Y-shaped, one arm measures about 0.77 mm, while the other is about 0.42 mm in length. The remaining pair of accessory glands (acc.g.3) is a colorless vesicle which measures about 0.23 mm. The ejaculatory duct leads to the aedeagus which is called the transfer apparatus (tr.ap.), and this apparatus is illustrated and described in *Bruchidius* by HOFFMANN (1945) ; SOUTHGATE (1963).

Reçu pour publication en août 1975.

RÉSUMÉ

LE SYSTÈME REPRODUCTEUR DE *CALLOSOBRUCHUS MACULATUS* F.

(COL. BRUCHIDAE)

Le système reproducteur femelle se compose de deux ovaires comportant chacun 6 ovarioles qui s'ouvrent sur un calice. Les deux oviductes fusionnent postérieurement pour constituer le vagin. La bourse copulatrice est placée dorsalement par rapport aux oviductes. Il y a aussi deux glandes boursales placées chacune sur la face latérale de la paroi de la bourse. La spermathèque est brune, bien sclérotisée, en forme de crochet. Le canal de fécondation est un tube très fin qui court ventralement au vagin.

Le système reproducteur mâle a deux testicules constitués chacun de deux follicules testiculaires. Les deux vasa deferentia sont très courts, mais chacun est légèrement renflé à sa jonction avec l'autre au sommet du conduit éjaculateur pour former la vésicule séminale. Partant des extrémités distales des vasa deferentia, il y a 6 glandes accessoires en forme de poche de 3 types. Le conduit éjaculateur est un simple tube qui mène à l'édéage qui est connu comme l'appareil de transfert.

REFERENCES

- EL-SAWAF S. K., 1956. Some factors affecting the longevity, oviposition, and arte of development in the southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. *Bull. Soc. Entom. Egypt*, **40**, 29-95.
- HOFFMANN A., 1945. Coleopteres Bruchides et Anthribides. *Faune de France*, **44**, 1-184.
- PARNELL J. R., 1964. The structure and development of the reproductive organs of the two seed beetles *Apion fuscirostre* F. (Col. Curculionidae), and *Bruchidius ater* (MARSH.) (Col. Bruchidae). *Entomologist's Mon. Mag.*, **100**, 265-72.
- SOUTHGATE B. J., 1963. The true identity of the broom bruchid (Col.) and synonymic notes on other species of *Bruchidius*. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **56**, 795-8.

DÉVELOPPEMENT DE LA DIAPAUSE CHEZ LES FEMELLES DE *SEMIADALIA UNDECIMNOTATA* SCHN.

G. IPERTI et I. HODEK*

Station de Zoologie et de Lutte biologique, I. N. R. A.,
06602 Antibes

* Académie des Sciences tchécoslovaques,
Prague (Tchécoslovaquie)

RÉSUMÉ

Dans le Sud-Est de la France, les adultes de *S. undecimnotata* furent réactivés en les transférant depuis les quartiers d'estivo-hibernation (Arfuyen 644 m) jusqu'au laboratoire et en les plaçant dans des conditions d'ambiance appropriées (29°C, 60-70 p. 100 HR, 18 h de photophase), pourvus d'une abondante nourriture aphidienne (*M. persicae* et *A. pisum*). Ces transferts furent réalisés en été, en automne et au début de l'hiver ; durant cette période, les populations naturelles de cette espèce présentent une diapause qui inhibe leur fonction de reproduction.

La durée de la période de préoviposition permet de diviser les adultes récoltés avant la mi-août en 2 lots. L'un se réactive très rapidement (moyenne cumulative 11,7 jours) et l'autre assez lentement (moyenne cumulative 27,4 jours). Les coccinelles ramassées entre la mi-août et la mi-octobre présentent une certaine homogénéité par rapport à ce critère ; elles se réactivent en moyenne au bout de 16 jours. Entre la mi-octobre et la fin du mois de janvier, la période de préoviposition diminue graduellement jusqu'à une valeur de 7 à 8 jours.

Des expériences analogues réalisées en Europe centrale (Nord de la Bohême, 600 m d'altitude) indiquent que le processus reste sensiblement identique dans les 2 régions climatiquement différentes. Pendant la période située entre la mi-août et la mi-octobre la réactivation semble légèrement plus rapide mais aussi plus variable.

La réactivation assez rapide des adultes récoltés à partir de la mi-août constitue une donnée très favorable pour en faire une arme de choix dans une éventuelle utilisation en lutte biologique pour combattre les populations aphidiennes pendant la première partie de l'automne.

L'application d'une véritable méthode de lutte intégrée ne doit pas se limiter à des interventions ponctuelles dans l'espace et dans le temps. Ainsi, faut-il s'attacher à réduire les pullulations aphidiennes automnales, même sur des plantes spontanées, afin de prévenir les futures infestations printanières sur les cultures. Ce type d'intervention s'applique surtout aux conditions climatiques de la région méditerranéenne plutôt qu'à celles qui règnent dans la partie septentrionale de l'Europe.

Plusieurs coccinelles plurivoltines profitent des pullulations aphidiennes automnales pour se reproduire durant cette saison. Ainsi, font dans le Sud-Est de la France : *Propylea quatuordecimpunctata* L., *Adonia variegata* GOEZE et *Adalia decempunctata* L. Par contre, malgré la présence d'une quantité suffisante de proies, les coccinelles univoltines entrent alors en diapause ; l'installation de celle-ci coïncide souvent avec un déplacement migratoire. Au cours de l'été, les jeunes adultes de *Semiadalia undecimnotata* SCHN. entreprennent une migration qui les conduit en montagne vers des sites d'estivo-hibernation. Ils ont emmagasiné une grande quantité de réserves dans le corps gras et les femelles présentent alors des ovaires régressés ou immatures (HODEK, 1960 ; IPERTI, 1966 a-b ; ROLLEY, 1972). Sur ces sites de dormance, ils vivent pendant huit à neuf mois de l'année sans s'alimenter ; cela entraîne une diminution graduelle de leurs réserves (HODEK et CERKASOV, 1963). Ils ne quittent pas ces lieux, avant le mois de mai de l'année suivante, pour gagner les basses plaines de cultures dans lesquelles ils se multiplient.

Comme la production de coccinelles au laboratoire est très exigeante en main-d'œuvre et en locaux, il s'avérerait intéressant de pouvoir utiliser les individus récoltés dans les rassemblements d'estivo-hibernation en vue d'assurer la protection automnale des plantes. Le but de ce travail vise à déterminer l'époque la plus favorable au prélèvement de ces coccinelles au repos, afin de stimuler facilement leur reproduction. En Europe Centrale, on a pu obtenir une réactivation, au bout de 4 semaines chez toutes les femelles placées à 20-23°C sous une photophase de 18 heures et nourries avec *Aphis fabae* SCOP., après un prélèvement effectué dans la nature à la mi-octobre et plus tard (HODEK, 1970). Aussi, était-il intéressant de connaître les possibilités de réactivation qui pouvaient exister avant cette date, afin d'inclure réellement cet agent biologique dans le cadre d'une lutte intégrée à mener contre les populations automnales de pucerons.

MÉTHODE

Pour développer cette étude il importait de récolter régulièrement des coccinelles sur les sites d'estivo-hibernation, puis de les réactiver en les soumettant à certaines conditions climatiques et trophiques appropriées et enfin, de déterminer le temps nécessaire à la manifestation d'une activité de reproduction.

Au cours de l'année 1967 et au début de l'année 1968, environ chaque quinze jours à partir du 5 juillet et jusqu'au 21 janvier, on préleva chaque fois 6 couples de *S. undecimnotata* au sommet d'Arfuyen (Alpes de Haute-Provence 644 mètres d'altitude). Sur ce site de dormance, l'implantation d'un thermographe enregistreur a permis de connaître les changements de température intervenus pendant la période consacrée aux prospections.

Ramenées au laboratoire, ces coccinelles isolées par couple, furent placées dans des enceintes climatisées, sous 18 heures de photophase à 29°C, 60-70 p. 100 HR et nourries abondamment avec des pucerons en l'occurrence *Myzodes persicae* SULZ. ou *Acyrtosiphum pisum* HARRIS.

On retient le critère du temps nécessaire au dépôt de la première ponte fertile (période de préoviposition ⁽¹⁾) pour constater la réactivation effective des coccinelles.

Compte tenu de la voracité bien connue de ces prédateurs et de la difficulté de produire une quantité importante de pucerons, il semblait sage de limiter au départ le nombre d'individus de chaque lot afin de les placer dans les meilleures conditions trophiques possibles. Ainsi, au total plus de 150 coccinelles firent l'objet de ce traitement.

(1) Au point de vue physiologique, la durée de préoviposition comprend dans la présente étude le temps nécessaire à l'élimination de la diapause et celui indispensable à la morphogenèse des organes génitaux chez les adultes.

RÉSULTATS

A la suite des expériences de réactivation réalisées au laboratoire, sur les femelles de *S. undecimnotata* on peut diviser les sept mois pendant lesquels leur estivo-hibernation fut étudiée en 3 périodes (fig. 1) :

- la période qui suit l'arrivée des migrations et dure approximativement jusqu'à la mi-août,
- puis, celle qui s'étend de la mi-août à la mi-octobre,
- et enfin, celle qui se prolonge de la mi-octobre jusqu'au mois de janvier.

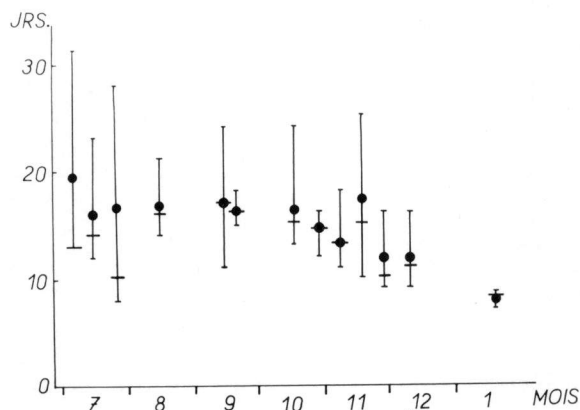


FIG. 1. — Durée de pré-oviposition chez les femelles de *Semiadalia undecimnotata* SCHN., réactivées au laboratoire

Femelles récoltées à Arfuyen (644 m, S.-E. France) ; conditions de réactivation : 29°C ; photophase de 18 heures ; nourriture essentielle en surplus, *Myzodes persicae* ; ● (moyennes), — (médianes)

• Durant la première période, d'importants écarts dans les résultats obtenus indiquent une grande hétérogénéité du matériel récolté. On observe l'existence de 2 lots dont l'un présente une longue période de préoviposition (autour d'une moyenne cumulative de 27,4 jours), et l'autre montre une très courte période de préoviposition (autour d'une moyenne cumulative de 11,7 jours).

• Certes, dans les deux périodes suivantes (par exemple lors des prélèvements effectués le 15 septembre et le 18 octobre), il subsiste parfois une variation importante entre les maximums et les minimums des durées de préoviposition ; cependant, dans ces deux cas, l'écart provient toujours d'un seul individu pour lequel le temps de dépôt de la première ponte fertile s'avère extrêmement long. Les autres prélèvements procurent des résultats beaucoup plus groupés. L'homogénéité des données recueillies avec le matériel récolté pendant la deuxième période, apparente cette dernière à une phase transitoire, avant la dernière période (mise en évidence dans les limites de l'étude entreprise). Pendant ces deux mois entre la mi-août et la mi-octobre, les moyennes de la durée de préoviposition demeurent très constantes ; elles varient seulement de 0,4 jour (16,2-16,6 jours).

• La troisième période comprend déjà des individus qui présentent une durée de préoviposition décroissante jusqu'à une valeur presque normale de 7 à 8 jours, atteinte au cours de la deuxième moitié du mois de janvier. Pour ce dernier prélèvement l'écart entre les maximums et les minimums de réactivation s'avère très faible puisqu'il ne représente qu'un jour.

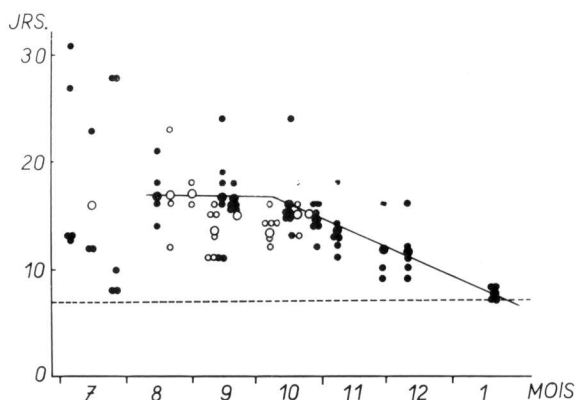


FIG. 2. — Comparaison de la réactivation des femelles de *Semiadalia undecimnotata* SCHN. dans le Sud-Est de la France et en Bohême du Nord

Les cercles noirs = France ; ●
 Les cercles blancs = Bohême ; ○
 Les petits cercles = les individus ; ● ○
 Les grands cercles = les moyennes ; ● ○

La ligne — signifie le temps nécessaire pour la maturation « normale » des femelles

Les résultats obtenus trois ans plus tard (1970) en Tchécoslovaquie (fig. 2) prouvent que le développement de la diapause chez *S. undecimnotata* reste sensiblement la même dans 2 régions assez différentes du point de vue climatique comme la région Méditerranéenne et l'Europe Centrale. Dans cette dernière contrée, les moyennes de durée de préoviposition sont légèrement plus courtes.

Cela pourrait provenir de la mise en place de dispositifs expérimentaux, quelques peu différents.

DISCUSSION

Le temps nécessaire à la réactivation des adultes placés au laboratoire pourrait être considéré comme un critère de l'intensité de la diapause ainsi que l'ont récemment fait TAUBER *et al.*, en 1970, dans des études poursuivies sur *Chrysopa carnea* STEPHENS.

— Au cours de la première période, les individus se répartissent en 2 lots bien distincts. Le lot qui présente une courte durée de préoviposition peut correspondre à des femelles dont la diapause est encore assez mal installée. Le lot qui se réactive lentement peut s'apparenter aux femelles dont la diapause est déjà bien fixée. Un tel début de diapause peut représenter une assez forte inhibition reproductrice.

— Dans la deuxième période de 1967, d'une durée approximative de 2 mois, au cours de laquelle les températures moyennes ne s'abaissent pas au-dessous de 18°C, l'intensité de la diapause reste plus ou moins constante.

— Dans la dernière période d'une durée approximative de 3 mois, l'intensité d'inhibition reproductrice diminue assez régulièrement car le développement de la diapause arrive graduellement à son terme. Ce processus peut être attribué d'une part à une certaine période de temps écoulé, d'autre part à l'influence des températures moyennes enregistrées dans la nature qui, progressivement, s'abaissent en novembre à 10°C pour atteindre 4°C après le 15 décembre (fig. 3). Ces deux facteurs opèrent sans doute ensemble.

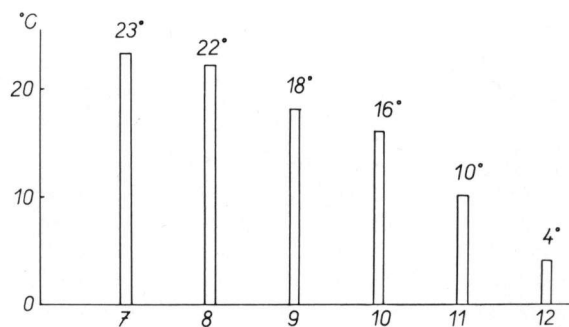


FIG. 3. — Températures moyennes mensuelles en 1967 à Arfuyen, lieu d'hivernation de *Semiadalia undecimnotata* SCHN.

Les conclusions tirées des résultats obtenus avec *Pyr rhocoris apterus* L. (HODEK, 1974) montrent clairement, que la seule durée de préoviposition des adultes récoltés dans la nature et placés au laboratoire, dans de bonnes conditions de réactivation, ne peut être utilisée comme un critère très sûr de l'intensité de la diapause à certaines périodes de l'hivernation. Cette durée de préoviposition se trouve aussi influencée par la sensibilité variable manifestée par les adultes à l'égard de différents stimulus obtenus lors de leur transfert en laboratoire, comme, une augmentation de la température, de la longueur du jour et de l'intensité lumineuse ou comme la présence d'une alimentation convenable. La reprise de la reproduction peut intervenir en empêchant les insectes de trouver un abri et en les obligeant à prospector la plante hôte, elle-même exposée à la lumière. Ainsi a-t-on pu obtenir la réactivation d'*Ulema melanopus* (CONIN et HOOPINGARNER, 1971) en changeant simplement le modèle de cage et sans faire varier ni la température, ni la photopériode.

De plus, quand, dans la nature, les facteurs climatiques changent de manière très significative durant une assez longue période de temps, l'époque de l'année pendant laquelle on transfère les insectes du laboratoire peut jouer un rôle important et discriminatoire. La réalisation de la présente expérience pose ce problème essentiel. En effet, au mois d'août, sur les lieux d'estivo-hibernation régnaient des températures moyennes de 24°C, par contre, au mois de décembre, celles-ci s'abaissaient jusqu'à 2°C. Cette importante diminution thermique peut influencer et modifier la rapidité de réactivation des coccinelles : si, au mois d'août, le transfert des adultes depuis les lieux de dormance vers le laboratoire représentait une élévation de température limitée à 5°C, la même opération réalisée au mois de décembre amenait une

augmentation de 25°C. On ne peut ignorer l'influence de cette augmentation du stimulus thermique sur l'accélération du processus de réactivation.

Les changements graduels observés au niveau des insectes, au cours de la totalité de l'hivernation constituent un sujet relativement peu étudié. La tendance évolutive des durées de préoviposition trouvée pendant la dormance de *S. undecimnotata* ressemble beaucoup à celle décrite chez un Hétéroptère : *Pyrrhocoris apterus* L. (HODEK, 1971) et chez un Névroptère : *Chrysopa carnea* STEPH. (HONEK et HODEK, 1973 ; TAUBER et TAUBER, 1973). Pour cette raison, la conclusion selon laquelle on se trouve en présence d'une situation assez générale dans le domaine de la diapause imaginale chez les insectes semble plausible.

La certitude du moment où, dans les conditions naturelles, la diapause s'achève réellement semble varier selon les auteurs. L'étude menée sur *S. 11 notata* montre qu'elle se situe au mois de janvier. Cette période correspond à celle déterminée chez d'autres insectes : par exemple chez les adultes de *Chilocorus rubidus* HOPE (PANTYUKHOV, 1968), chez ceux d'*Anacridium aegyptium* (GIRARDIE et GRANIER, 1973) ou chez les nymphes d'*Aleurochiton complanatus* BAERENSprung (BARHRMANN, 1973). Chez les adultes de *Psylla pyri* L. la diapause s'achève déjà au mois de décembre (NGUYEN, 1973) et chez ceux d'une chrysomélide *Ulema melanopus* L. encore plus tôt au mois de septembre ou d'octobre (CONNIN et HOOPINGARNER, 1971).

Par contre, les études détaillées poursuivies sur *Chrysopa carnea* STEPHENS ont montré que le développement de la diapause ne se termine que pendant le mois de février dans l'état de New York (TAUBER et TAUBER, 1973) ou au début du printemps dans la Bohême centrale (HONEK et HODEK, 1973). La disparition complète de l'inhibition chez les larves de *Carpocapsa pomonella* en Suisse se prolonge même au-delà du 15 mars (WILDBOLZ et RIGGENBACH, 1969).

Toutefois les critères selon lesquels on juge de la disparition de la diapause diffèrent selon les auteurs et actuellement, il paraît assez malaisé de choisir parmi eux le plus significatif (HODEK, 1974).

CONCLUSIONS

Ces expériences montrent qu'on obtient assez facilement la réactivation de *S. undecimnotata* à partir de la mi-août. Au bout de 2 semaines des coccinelles placées à 29°C en présence d'une alimentation essentielle (*M. persicae* et *A. pisum*) commencent à pondre. On peut donc nourrir l'espoir d'utiliser des coccinelles récoltées sur les sites d'estivo-hibernation, dans le cadre d'une lutte biologique destinée à combattre plus efficacement les pullulations aphidiennes pendant la première moitié de l'automne. Le développement complet du cycle des coccinelles au laboratoire et donc leur multiplication, se heurtent à de nombreux obstacles, dont le cannibalisme intraspecific de larves très gloutonnes n'est pas le moindre. Par contre, un élevage d'adultes assez peu voraces, pendant deux semaines, reste incomparablement plus facile à réaliser. Cependant, des études s'avèrent encore nécessaires pour apporter la preuve que des adultes préalablement réactivés et relâchés en automne, n'entreront pas à nouveau en diapause et exerceront une réelle efficacité prédatrice. Les premiers résultats

obtenus au cours d'expérimentations complémentaires nous conduisent à penser que les Coccinelles réactivées donneront bien naissance à une nouvelle génération.

Il faut s'assurer aussi que les adultes qui en sont issus trouveront des conditions favorables à leur survie hivernale.

Il semble qu'ils sont, en fait, capables d'effectuer une migration d'amplitude plus réduite avant d'entrer en dormance.

Il ne faut pas oublier que, sur les sites « normaux » d'estivo-hibernation on observe globalement une mortalité qui se situe autour de 20 à 50 p. 100 au moins ; il y aura donc intérêt à prélever les coccinelles dans les lieux où la survie naturelle s'avère précaire. Il conviendra également de contrôler sévèrement l'importance des prélèvements (qu'il conviendrait sans doute de limiter à 20 p. 100 environ de la population en place), pour ne pas courir le risque d'affaiblir le potentiel représenté par les entomophages en état de repos.

Sur ces réserves, on peut envisager leur intéressante possibilité d'intervention automnale sur les populations de pucerons.

Reçu pour publication en août 1975.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF DIAPAUSE IN THE FEMALES OF *SEMIADALIA UNDECIMNOTATA* SCHN.

S. undecimnotata adults were activated by a transfer from their aestivo-hibernation quarters in south-eastern France (Arfuyen, 644 m) to the laboratory (29°C, photophase 18 H, 60-70 p. 100 HR, surplus of essential food). The transfers were undertaken during summer, autumn and early winter ; in this period reproduction is inhibited by diapause.

The coccinellids sampled before mid-August are divided according to the duration of their pre-oviposition period into two distinct groups : with a very rapid or a slow reactivation. The beetles collected between mid-August and mid-October are rather homogeneous as regards this character. Their pre-oviposition period lasts 16 days on the average. Between mid-October and late January the pre-oviposition period decreases gradually to the value of 7 or 8 days, necessary for the normal morphogenetical development of females.

Analogous experiments in Central Europe (Northern Bohemia, 600 m) indicate that the process is in principle the same in both, climatically so different, regions. Within the period between mid-August and mid-October the resumption of reproductive activity seems to be slightly more rapid and also more variable.

The rather rapid reactivation of the coccinellids sampled after mid-August makes them a very useful tool of biological control of aphids in autumn.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAHRMANN R., 1973. Anatomisch-morphologische und histologische Untersuchungen an den Saisonformen von *Aleurochiton complanatus* (Baerensprung) (Homoptera, Aleyrodina) unter besonderer Berücksichtigung der Dormanzentwicklung. *Zool. Jb. Syst.*, **100**, 107-169.
- CONNIN R. V., HOOPINGARNER R. A., 1971. Sexual behaviour and diapause of the cereal leaf beetle, *Ulema melanopus*. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **64**, 655-660.
- GIRARDIE A., GRANIER S., 1973. Système endocrine et physiologie de la diapause imaginale chez le criquet égyptien, *Anacridium aegyptium*. *J. Insect Physiol.*, **19**, 2341-2358.
- HODEK I., 1960. Hibernation-bionomics in Coccinellidae. *Cas. Cs. spol. ent.*, **57**, 1-20 (en tchèque, résumé anglais).

- HODEK I., 1970. Termination of diapause in two coccinellids (Coleoptera). *Acta ent. bohemoslov.*, **67**, 218-222.
- HODEK I., 1971. Termination of adult diapause in *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera : Pyrrhocoridae) in the field. *Entomol. exper. applic.*, **14**, 212-222.
- HODEK I., 1974. Development of diapause in *Pyrrhocoris apterus* females in the middle period of winter dormancy. *Vest. Cs. spol. zool.*, **38**, 161-169.
- HODEK I., CERKASOV J., 1963. Imaginal dormancy in *Semiadalia undecimnotata* SCHNEID. (Coccinellidae, Col.). II. Changes in water, fat and glycogen content. *Vest. Cs. spol. zool.*, **27**, 298-318.
- HONEK A., HODEK I., 1973. Diapause of *Chrysopa carnea* (Chrysopidae : Neuroptera) females in the field. *Vest. Cs. spol. zool.*, **37**, 95-100.
- IPERTI G., 1966 a. Voltinism and arrest of development in aphidophagous coccinellids of south-east of France. *Ecol. Aphidoph. Insects, Academia*, Prague et Dr W. JUNK, Haag, p. 105-106.
- IPERTI G., 1966 b. Migration of *Adonia undecimnotata* in south-eastern France. *Ecol. Aphidoph. Insects, Academia*, Prague et Dr. W. JUNK, Haag, 137-138.
- NGUYEN T. X., LEDOUX A., 1973. Évolution de la diapause ovarienne des femelles de *Psylla pyri* L. (Homoptera, Psyllidae) pendant la période automne-hiver. *C. R. Acad. Sc., Paris*, **277**, 2385-2387.
- PANTYUKHOV G. A., 1968. A study of ecology and physiology of the predatory beetle *Chilocorus rubidus* HOPE (Coleoptera, Coccinellidae). *Zool. zhurn.*, **47**, 376-386 (en russe, rés. anglais).
- ROLLEY F., 1972. *Méthodes appropriées à l'étude de la migration d'un prédateur aphidiphage*, *Adonia undecimnotata* SCHN. (Coleoptera, Coccinellidae) et premières applications. Thèse de 3^e cycle, Univ. de Provence, Marseille 113 p.
- TAUBER M. J., TAUBER C. A., 1973. Quantitative response to daylength during diapause in insects. *Nature*, **244**, 296-297.
- TAUBER M. J., TAUBER C. A., DENYS C. J., 1970. Adult diapause in *Chrysopa carnea* : photo periodic control of duration and colour. *J. Insect Physiol.*, **16**, 949-955.
- WILDBOLZ Th., RIGGENBACH W., 1969. Untersuchungen über die Induktion und die Beendigung der Diapause bei Apfelwicklern aus der Zentral und Ostschweiz. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.*, **42**, 58-78.

MÉTHODE D'ÉTUDE DANS LA NATURE
DU RÉGIME ALIMENTAIRE
DU CRIQUET MIGRATEUR
LOCUSTA MIGRATORIA CAPITO (SAUSS.)

My Hanh LAUNOIS

Laboratoire d'Entomologie et d'Écophysiologie expérimentales,
Université Paris-Sud,
91405 Orsay

RÉSUMÉ

A partir du principe déjà ancien de détermination du régime alimentaire par les contenus stomacaux, une nouvelle méthode est mise au point pour étudier le spectre alimentaire du criquet migrateur dans les conditions naturelles. L'identification des débris végétaux se fait au niveau des fèces, il n'est donc plus nécessaire de sacrifier l'insecte. A l'usage, la technique se révèle simple, sûre, rapide et particulièrement bien adaptée pour des travaux de terrain. Des résultats pratiques sont fournis à titre d'exemples. Ils sont suivis d'une comparaison des avantages et des inconvénients par rapport à d'autres méthodes actuellement utilisées au laboratoire ou dans la nature.

INTRODUCTION

Dans le sud-ouest de Madagascar, l'une des principales caractéristiques des biotopes à *Locusta migratoria capito* (SAUSS.) est leur grande complexité topographique et botanique. Ainsi, les friches souvent fréquentées par les femelles en période de ponte comportent parfois plus d'une vingtaine d'espèces graminéennes pendant la saison des pluies. Devant le nombre élevé de graminées, toutes susceptibles d'être consommées par l'insecte, le problème du régime alimentaire se pose tant au point de vue répercussion sur la dynamique des populations naturelles qu'estimation de dégâts potentiels pour les cultures vivrières.

Le principe de détermination du régime alimentaire à partir du contenu du jabot est ancien. Il a été principalement appliqué aux oiseaux avant d'être étendu aux autres groupes animaux et en particulier aux acridiens de Côte-d'Ivoire (GILLON

et HUMMELEN, 1968). Pour notre part, l'étude est faite au niveau des fèces car nous avons constaté que celles-ci contiennent des fragments aussi peu modifiés que ceux rencontrés dans le jabot. De ce fait, il est possible de conserver vivants les insectes capturés. La méthode a été mise au point en fonction des caractéristiques du matériel végétal consommé par l'acridien dans la nature à Madagascar. Son domaine d'application est important tant au point de vue qualitatif que quantitatif. Ses avantages et inconvénients seront discutés par rapport à d'autres méthodes d'investigation du régime alimentaire des acridiens graminivores dans les conditions naturelles.

I. — DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

1. 1. — *Technique de prélèvement des fèces*

Les Criquets capturés dans la nature sont mis à jeûner pendant une heure ou deux, ce qui est suffisant pour recueillir les fèces caractérisant leur dernière prise de nourriture. On peut séparer les individus ou les grouper selon le type d'étude envisagé. Après dessiccation, les fèces constituent un matériel léger, peu encombrant et facile à conserver de longs mois sans perte d'information avant examen. Chaque fèces est examinée en totalité, elle constitue une unité comode pour les évaluations quantitatives de choix alimentaire, les variations inter-individuelles se répartissant selon une loi normale.

1. 2. — *Constitution d'échantillons de référence*

Afin d'identifier les débris végétaux constituant les fèces, il est nécessaire d'établir au préalable des échantillons de référence à partir de toutes les espèces graminéennes dont dispose l'acridien dans ses biotopes naturels, car il s'agit d'un phytophage essentiellement graminivore. Pour chacune d'entre elles, on procède de la façon suivante :

— Ingestion par un Criquet, mis au jeûne depuis 24 heures au moins, d'une graminée bien déterminée ; puis examen de l'aspect présenté par les débris d'épiderme dans les fèces.

— Notation des modifications éventuelles dues à la digestion en faisant des montages de fragments d'épiderme isolés avec une aiguille montée à partir des limbes des feuilles témoins non ingérées.

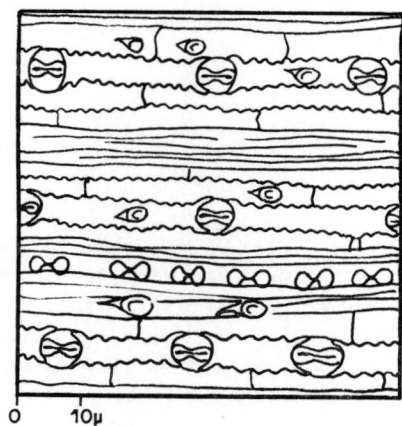
La collection de référence doit être la plus complète possible, tant au point de vue nombre d'espèces, qu'organe de la plante : tige, feuille et inflorescence.

1. 3. — *Identification des débris alimentaires*

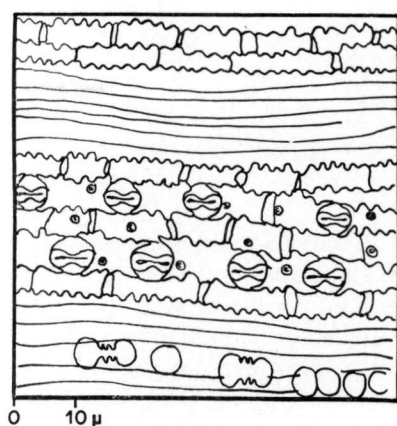
Pour caractériser chaque débris graminéen, il est préférable de disposer de plusieurs critères afin d'identifier avec certitude la plante consommée (BRUNSVÉY et MULKERN, 1960 ; SPARKS et MALECHEK, 1968). On peut utiliser par exemple : la forme, la taille et la densité des stomates, des cellules épidermiques courtes à silice, des cellules exodermiques à aiguillons ou crochets, des poils uni et bicellulaires, des cellules épidermiques longues bulliformes ou engrenées à papilles ou verrues, ou encore des ornements des glumes et des glumelles. La reconnaissance des débris végétaux contenus dans les fèces est facilitée après passage dans un bain d'eau de Javel car cela met en évidence les structures des parois cellulaires des plantes ingérées. Après rinçage à l'eau, les montages se font dans une goutte d'eau glycinée entre lame et lamelle, et sont examinés au microscope photonique. Pour garder les préparations plusieurs mois, il suffit de sceller la lamelle avec du vernis incolore ou une résine.

Cette technique d'examen microscopique des débris végétaux contenus dans les fèces est sûre et rapide. Avec l'habitude, l'analyse de fèces complète exige environ cinq minutes. Quelques exemples de structures des débris graminéens sont présentés dans la figure 1.

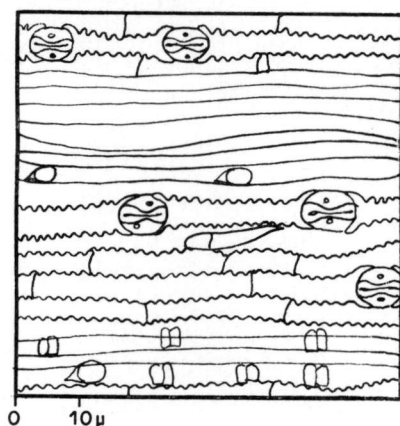
Aristida congesta barbicolis



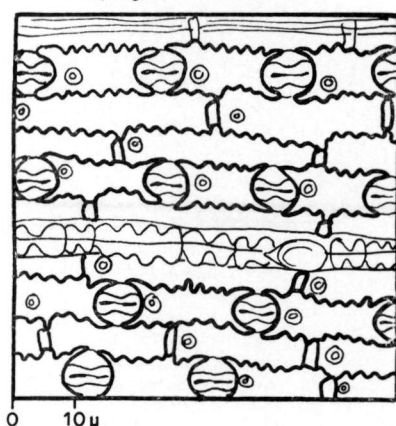
Cynodon dactylon



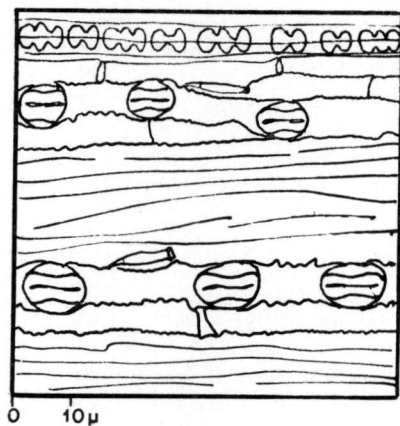
Eragrostis cylindriflora



Heteropogon contortus



Hyparrhenia rufa



Panicum pseudovoeltzkowii

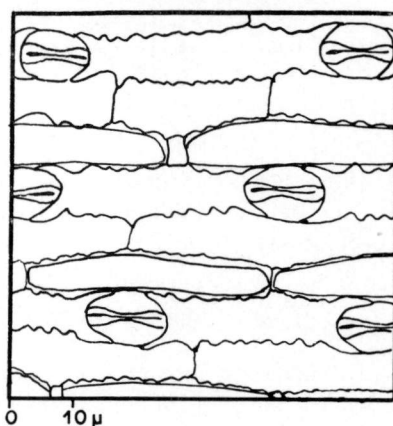


FIG. 1. — Structures épidermiques de quelques graminées consommées par le Criquet migrateur malgache dans la nature

2. — DOMAINES D'APPLICATION

2. 1. — *Mise en évidence des régimes alimentaires*

L'établissement simultané du régime alimentaire de l'acridien et du spectre floristique dont il dispose dans un biotope donné permet de dégager ses préférences. Des études précises dans divers milieux du plateau de Betioky dans le sud-ouest de Madagascar ont établi clairement que le Criquet migrateur effectue un choix dans sa prise de nourriture (LAUNOIS M. H., 1973). Seul un petit nombre de graminées hygro, méso et xérophiles est préférentiellement attaqué, sans relation systématique avec l'importance du recouvrement (tabl. 1).

TABLEAU I

*Exemple de régime alimentaire du Criquet migrateur
dans le sud-ouest de Madagascar*

1. <i>Eragrostis cylindri flora</i>	1. <i>Eragrostis cylindri flora</i>
2. <i>Cynodon dactylon</i>	2. <i>Cynodon dactylon</i>
3. <i>Aristida congesta barbicolis</i>	3. <i>Digitaria biformis</i>
4. <i>Heteropogon contortus</i>	4. <i>Panicum pseudovoeltzkowii</i>
5. <i>Hyparrhenia rufa</i>	5. <i>Heteropogon contortus</i>
6. <i>Eragrostis tenella</i>	6. <i>Eragrostis tenella</i>
7. <i>Panicum pseudovoeltzkowii</i>	7. <i>Aristida congesta barbicolis</i>
8. <i>Panicum subalbidum</i>	8. <i>Rhynchelytrum repens</i>
9. <i>Sporobolus pyramidalis</i>	9. <i>Hyparrhenia rufa</i>
10. <i>Digitaria biformis</i>	10. <i>Sporobolus pyramidalis</i>
11. <i>Rhynchelytrum repens</i>	11. <i>Panicum subalbidum</i>

Dans la 1^{re} colonne, les graminées sont classées par ordre d'importance dans la constitution des fèces de l'insecte. Dans la 2^e colonne, elles sont classées en fonction de leur recouvrement sur le terrain. De la confrontation des deux, les préférences alimentaires peuvent être déduites.

Dans de telles études de terrain, le concours d'un écobotaniste est très utile pour une détermination sûre et complète de la strate herbacée (relevés exhaustifs de végétation).

2. 2. — *Mise en évidence des variations de régime alimentaire*

De même qu'au cours de l'évolution phénologique, les qualités attractives des graminées changent, le régime alimentaire se diversifie au fur et à mesure que l'insecte (principalement la femelle) atteint la phase reproductive. De ce fait, on distingue deux types de variations de régime selon qu'elles ont lieu dans l'espace ou dans le temps.

2. 2.1. — *Variations dans l'espace.*

Lorsque l'insecte évolue dans un milieu dit « de dispersion », généralement constitué de grandes savanes relativement homogènes, son régime alimentaire est peu diversifié car il s'agit de milieux mésoxérophiles où le spectre floristique est pauvre. Par contre, au moment de la ponte, les reproductrices gagnent des sites où le sol présente des qualités physicochimiques plus propices au forage, à l'émission des œufs et au développement embryonnaire. Souvent, ces pontes sont effectuées dans les anciennes friches à plus large spectre graminéen. Le Criquet migrateur change de régime alimentaire de façon cyclique au cours de sa vie reproductive.

En dehors de ces motivations d'ordre physiologique, les déplacements intrastationnels peuvent correspondre à des réajustements thermohygrométriques entre l'insecte et le milieu ambiant. Il apparaît alors que ce ne sont pas les préférences alimentaires qui sont les principaux facteurs induisant ces déplacements. Ce n'est que lorsque l'insecte se trouve en équilibre dans un lieu donné qu'il effectue un choix parmi les diverses graminées qui sont à sa disposition.

2. 2.2. — *Variations dans le temps.*

Lors des grands déplacements interstationnels en début de saison sèche et en saison des pluies, le Criquet migrateur colonise successivement des régions naturelles dont les caractéristiques climatiques, pédologiques, topographiques sont très différentes les unes des autres, ce qui entraîne également une composition floristique bien distincte.

TABLEAU 2

Exemple d'évolution dans le temps du régime alimentaire du Criquet migrateur en fonction de la phénologie des graminées

	Recouvrement sur le terrain (%)	Présence dans les fèces (%)
Octobre-Novembre		
<i>Heteropogon c.</i> en repousses et en germination	65	92
<i>Panicum pw</i> en phase végétative	20	6
<i>Eragrostis c.</i> et <i>Aristida a.</i> en floraison	10	2
<i>Hyparrhenia r.</i> en jeunes repousses	5	0
Janvier-Février		
<i>Heteropogon c.</i> en floraison	50	60
<i>Hyparrhenia r.</i> en début de floraison	25	23
<i>Panicum pw</i> en floraison	15	12
<i>Aristida a.</i> et <i>Eragrostis c.</i> en floraison	10	5

Pour la fraction non émigrante de la population, il s'opère au fil des mois une évolution phénologique de la végétation en étroite dépendance avec la pluviométrie. De ce fait, en fonction de leurs cycles biologiques, des espèces graminéennes se succèdent avec plus ou moins de chevauchement. Le couvert végétal se modifie, et le régime alimentaire de l'insecte évolue. Dans les cas de formations végétales

plus homogènes et plus pauvres en espèces, on observe souvent pour une même graminée des degrés d'attractivité inégaux vis-à-vis du Criquet selon que la plante se trouve en germination, en repousse, en phase végétative ou reproductive, ou encore à l'état de chaume (tabl. 2). L'aspect biologique de la graminée, son degré de dureté (teneur en eau) ou sa composition biochimique, conditionnent la prise de nourriture de l'insecte pour un stade phénologique bien précis.

2. 3. — *Mesure de l'appétitivité
de chaque plante consommée par l'insecte*

Des études quantitatives de préférences alimentaires peuvent également être envisagées d'une part en faisant la sommation des observations où des fèces unispécifiques sont rencontrées, et d'autre part en établissant les proportions relatives des différentes graminées entrant dans la composition des fèces plurispécifiques. En prenant chaque fèces comme unité de comptage, on arrive à déterminer pour une population acridienne donnée, son régime alimentaire avec pour chaque espèce graminéenne son importance relative.

3. — DISCUSSION

3. 1. — *Avantages et inconvénients de la méthode utilisée*

De par le protocole expérimental, la méthode utilisée s'avère objective car à aucun moment, l'insecte n'est influencé dans son choix alimentaire autrement que par lui-même et par les informations qu'il reçoit du milieu ambiant. Elle est également simple, parfaitement adaptable aux conditions de travail de brousse, nécessitant peu de matériel délicat ou coûteux. De plus, la méthode est rapide pour peu que l'expérimentateur soit bien entraîné. Enfin, elle est précise, donc sûre car la détermination des débris végétaux s'appuie sur de nombreux critères d'identification.

L'inconvénient majeur est la nécessité d'établir des lames de références complètes. Ainsi, avant de rendre cette méthode d'étude opérationnelle sur le terrain, il convient de procéder à un apprentissage soigneux qui peut être long si les plantes susceptibles d'être attaquées par l'acridien sont nombreuses. Il est souhaitable que cette phase préparatoire ait lieu sur le terrain étant donné la variabilité que les structures épidermiques d'une graminée peuvent présenter d'une région à l'autre, ou en fonction de l'évolution phénologique saisonnière.

3. 2. — *Comparaison avec quelques autres méthodes*

Beaucoup d'autres méthodes d'étude du régime alimentaire des Criquets sont proposées par divers auteurs. En allant de la plus simple à la plus élaborée, on peut trouver d'abord l'observation directe de prise de nourriture sur le terrain. C'est une méthode intéressante mais qui se révèle en pratique longue et aléatoire (GANGWERE, 1961). Les tests alimentaires en insectarium ne peuvent donner qu'une idée sommaire des préférences alimentaires réelles du Criquet migrateur dans la nature. En effet, on perturbe aussi bien l'insecte lui-même que son environnement.

L'identification des débris végétaux avec la loupe binoculaire est une première tentative plus rationnelle (PORAS, 1971), mais qui ne peut être utilisée que pour des combinaisons graminéennes simples car de nombreux types de structures cellulaires ne sont pas visibles avec ce mode optique. Enfin, le microscope électronique à balayage peut servir à la détermination de la graminée ingérée d'après la forme des spicules siliceux, souvent spécifiques pour certaines plantes (LEFEUVRE et coll., 1973, communication personnelle; CHEROUVRIER, 1973; GUEGUEN, CHEROUVRIER, LEFEUVRE, 1974). Cette dernière méthode très élaborée est précise mais n'est cependant pas dépourvue d'inconvénients car elle nécessite un équipement coûteux, et requiert un temps de préparation assez long. Elle est donc difficile à utiliser pour des recherches écologiques de terrain. De plus, elle ne fait appel qu'à peu de types de différenciation cellulaire de l'épiderme, ce qui peut laisser une incertitude dans certains cas et ne permet pas la reconnaissance de l'organe végétal consommé.

CONCLUSIONS

Durant le Projet de Recherches écologiques sur la dynamique des populations du Criquet migrateur à Madagascar de 1970 à 1973 (Programme des Nations Unies pour le Développement), une nouvelle méthode d'étude du régime alimentaire de l'insecte dans les conditions naturelles a été mise au point. Il s'agit, par examen au microscope photonique, d'identifier les débris végétaux contenus dans les fèces d'après les structures épidermiques des fragments de plantes.

En douze mois consécutifs, plus de 4 000 analyses ont été effectuées et plus d'une trentaine de graminées identifiées. Les études sont soit limitées dans le temps et dispersées dans l'espace, soit permanentes en fonction de quelques biotopes importants pour *Locusta*. Elles ont permis d'établir les régimes et les préférences alimentaires du Criquet migrateur en diverses régions de son aire grégarigène, et de suivre son évolution en fonction de la phénologie des plantes au fil des saisons.

Particulièrement bien adaptée pour des recherches de terrain, cette méthode est simple, rapide et objective. Elle est toujours susceptible d'être complétée par d'autres techniques; cependant, dans le cadre des recherches effectuées, elle a contribué à mieux comprendre les relations existant entre l'insecte et la plante.

Reçu pour publication en septembre 1975.

SUMMARY

METHOD FOR STUDYING THE DIET OF THE MIGRATORY LOCUST (*LOCUSTA MIGRATORIA* CAPITO (SAUSS)) UNDER NATURAL CONDITIONS

A new method based on the former principle of determination of the diet by stomachal contents was developed to study the alimentary spectrum of the migratory locust under natural conditions. Plant remains are identified in the faeces and the sacrifice of the insect is no more

necessary. In practice the technique appears to be simple, reliable, rapid and particularly well adapted for field experiments. Practical results are given as examples. There follows a comparison of the advantages and disadvantages of this method in relation to other methods now in force under laboratory or field conditions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRUNSVEY M. A., MULKERN G. M., 1960. The use of epidermal characteristics for the identification of plants recovered in fragmentary condition from the crop of grasshoppers. *N. D. Agr. Exper. Sta. Res. Rep.*, n° 3, 11 p.
- CHEROUVRIER A., 1973. Essai de détermination du régime alimentaire d'organismes graminivores à l'aide des phytolithes siliceux (cas particulier des Orthoptères). DEA, Université de Rennes, oct. 1973.
- GANGWERE S. K., 1961. A monograph on food selection in Orthoptera. *Trans. Amer. Entomol. Soc.*, **87**, 67-230.
- GILLON Y., HUMMELEN P., 1968. Étude de la nourriture des acridiens de la savane de Lamto en Côte-d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan*, ser. E, fasc. 2.
- GUEGUEN A., CHEROUVRIER A., LEFEUVRE J. C., 1974. Intérêt de l'étude des phytolithes siliceux dans la détermination du régime alimentaire des animaux graminivores. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **99**, 137-138.
- LAUNOIS M. H., 1973. L'alimentation du criquet migrateur dans le sud-ouest malgache (1^{re} partie). PNUD (FS) MML/BIO/4.
- LEFEUVRE J. C. *et al.*, 1973. Communication orale. Réunion du C.N.R.A. « Techniques d'identification des ressources alimentaires exploitées par les Invertébrés ».
- PORAS M., 1971. *Étude bioécologique du criquet migrateur africain* *Locusta migratoria migratorioides* (R. et F.) *dans son milieu naturel au Mali*. Thèse de 3^e cycle.
- SPARKS D. R., MALECHEK J. C., 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *J. Range Management*, **21**, 264-265.

RELATIONS ENTRE DIVERS PARAMÈTRES LARVAIRES
ET NYMPHAUX SELON LE SEXE
ET LE MILIEU D'ALIMENTATION
CHEZ *OSTRINIA NUBILALIS* HÜBNER

R. T. GAHUKAR

Station de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
Route de Saint-Cyr,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

Au laboratoire, l'élevage de la pyrale du Maïs, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER sur 5 milieux artificiels a permis de mettre en évidence, entre divers paramètres larvaires et nymphaux (durée de vie, poids...) des relations linéaires plus ou moins significatives selon le sexe et le milieu d'alimentation des chenilles. En outre, ces paramètres ont été comparés avec la fécondité des femelles.

La relation entre le nombre d'œufs pondus par les femelles (y) et le poids nymphal (x_1), (par exemple, $y = -106,86 + 4,68 x_1$ dans le cas de milieu à base de germe de blé) peut être prise en considération pour la prédiction de l'évolution des populations.

INTRODUCTION

Les données quantitatives relatives aux différents stades de la vie d'un insecte sont utiles pour évaluer le potentiel reproducteur de l'espèce. Il existe parfois entre ces critères, des corrélations linéaires, qui permettent de préciser l'évolution des populations, élément important dans la décision d'une lutte préventive. De plus, ces données sont également utilisables dans les études sur la nutrition, le développement, l'action de pathogènes et pour les aspects écologiques.

Une relation significative entre le poids des chrysalides et le nombre des œufs pondus a été démontrée chez certains lépidoptères, comme *Laspeyresia pomonella* L. (BOREIKO, 1972) et *Lymantria monacha* L. (ZWÖLFER, 1933). Il en va de même pour

le poids nymphal avec la largeur du thorax chez *Haematobia irritans* L. (SCHMIDT et BLUME, 1973) et avec la taille des femelles chez *Cochliomyia hominivorax* COQUEREL (SPATES et HIGHTOWER, 1970). Ces relations permettent d'estimer la fécondité potentielle. Or, on sait que la production des œufs est déterminée par la quantité et la qualité de l'alimentation des insectes à certains stades (SOLOMON, 1967 ; MANI, 1968). La qualité de l'aliment influe sur le poids des femelles et détermine la fécondité, comme par exemple, chez *L. pomonella* (DESEÖ, 1971). BOTTGGER (1951) observe, pour les chenilles d'*Ostrinia nubilalis* HÜBNER qu'une durée de vie plus longue semble associée à un poids larvaire plus élevé. Le but du présent travail est de vérifier s'il y a une relation chez cet insecte, entre la durée de développement larvaire, le poids des chenilles et des chrysalides, la durée de vie nymphale et d'étudier, dans le cas des femelles, l'effet de ces facteurs sur la fécondité. Ceci dans le double but, d'une part de contrôler la production de l'élevage dans les conditions de laboratoire ; d'autre part, d'étudier les effets propres à l'alimentation des chenilles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les insectes utilisés dans cette étude proviennent d'un élevage permanent maintenu au laboratoire (GAHUKAR, 1975 a). Les chenilles nouveau-nées sont mises dans de petites boîtes cylindriques en plastique (2 × 5 cm) et l'élevage a été poursuivi selon la technique récemment décrite (GAHUKAR, 1975 b).

Dans chaque essai, soixante chenilles ont été suivies individuellement pour chaque milieu. Les 5 milieux artificiels que nous avons utilisés sont respectivement à base de semoule de maïs, en grain entier (POITOUT et BUES, 1970) ou du commerce, de germe de blé (LEWIS et LYNCH, 1969), de poudre de luzerne (NAGY, 1970) et de haricot (WEISMANN, communication personnelle). Ce dernier milieu a été un peu modifié en remplaçant la Pangamine par le « Vitamin Diet Fortification Mixture » (VDFM).

De l'œuf à l'adulte l'élevage s'effectue à 28°C, 70-80 p. 100 HR. Les adultes sont placés à $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 60-70 p. 100 HR. Les conditions d'éclairement sont toujours 16 h de lumière/8 h d'obscurité.

Les critères retenus dans cette étude sont :

- le poids et la durée de développement des chenilles,
- le poids et la durée de vie des chrysalides,
- la fécondité des femelles (22-25 individus/milieu).

A l'aide d'une balance Mettler M5, les chenilles sont pesées individuellement à la fin de leur développement (un jour avant le stade « préchrysalide ») et les chrysalides 24 heures après leur formation. Les œufs sont dénombrés à l'aide d'une loupe binoculaire Wild.

Une analyse de régression a été utilisée afin de comparer entre eux les résultats.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats selon les différents critères et les coefficients de régression sont consignés respectivement dans les tableaux 1 et 2. La comparaison détaillée entre milieux étant exposée ailleurs (GAHUKAR, 1975 b), nous nous en tiendrons ici aux phénomènes généraux.

La comparaison des moyennes des mesures individuelles montre qu'il existe une relation très significative entre la durée de développement et le poids des chenilles

élevées sur le milieu contenant la semoule de maïs du commerce, pour le sexe mâle d'une part et les sexes mâle et femelle ensemble d'autre part. Par contre, dans ce dernier cas ($\sigma + \varphi$), la relation est moins significative en ce qui concerne le milieu haricot (tabl. 2).

TABLEAU I

*Durée de vie larvaire et nymphale,
poids des larves et des nymphes des deux sexes
et fécondité des femelles d'Ostrinia nubilalis HBN. élevé sur cinq milieux artificiels*

Milieu	Sexe	Durée de vie larvaire (j)	Poids larvaire (mg)	Durée de vie nymphale (j)	Poids nymphal (mg)	Fécondité (nombre d'œufs par femelle)
Semoule de maïs (commerce)	♂	15,47	70,5	6,60	60,5	135,85
	♀	16,90	81,5	7,00	63,5	
Semoule de maïs (grain entier)	♂	16,38	76,7	6,60	67,3	215,73
	♀	15,63	86,6	5,95	73,2	
Germe de blé	♂	15,45	80,2	7,15	63,2	233,54
	♀	16,50	88,2	6,54	72,5	
Haricot	♂	18,20	72,5	7,05	57,0	139,77
	♀	22,04	84,2	7,27	64,6	
Poudre de luzerne	♂	16,00	66,6	7,53	56,0	164,58
	♀	17,04	71,3	7,59	59,5	

Le poids nymphal ne semble pas associé à la durée de développement larvaire sauf sur milieu à base de germe de blé en considérant les mâles seuls ou l'ensemble des deux sexes. De plus, nous avons observé sur ce milieu une forte interaction entre le poids larvaire et nymphal d'une part, et la durée de développement larvaire, d'autre part. Il est à noter qu'il y a une relation linéaire entre le poids des larves et celui des nymphes, quel que soit le milieu. Cette corrélation est très forte dans le cas des milieux à base de haricot et de poudre de luzerne pour chacun des deux sexes. La fécondité des femelles est, dans une moindre mesure, en corrélation avec la durée de développement larvaire (milieu à base de poudre de luzerne) et avec le poids nymphal (milieu à base de germe de blé) (tabl. 2).

Dans notre étude concernant la semoule de maïs du commerce, la relation entre le poids et la durée de développement larvaire confirme le résultat obtenu par BOTGER (1951) qui élève les chenilles de la pyrale sur des grains de maïs sucré. Ceci peut être dû à une alimentation qui apporte semble-t-il des réserves importantes de substances favorables à une longue durée de vie. Le poids élevé des chrysalides est également en relation avec le poids larvaire. Cet effet serait dû non seulement à la qualité mais aussi à la quantité de la nourriture ingérée. Dans les études de prise de nourriture et d'utilisation des milieux artificiels chez *O. nubilalis*, LEWIS et RAUN (1966) montrent que les chenilles doivent consommer 100 mg ou 82 mg (en poids sec) de milieux à base respectivement de poudre de feuilles de maïs ou de germe de blé, afin d'atteindre le poids de 100 mg.

TABLEAU 2

Étude des corrélations (analyse de régression) entre le poids (mg) des chenilles et des chrysalides, la durée (jours) du développement larvaire et de vie nymphale de deux sexes et la fécondité d'Ostrinia nubilalis HBN. élevé sur 5 milieux artificiels ⁽¹⁾

Milieu	Sexe	x_1	x_2	y	$\hat{y}$	DL	F
A	♂ + ♀	durée de vie larvaire	durée de vie larvaire	poids larvaire	$28,19 + 2,741 x_1$	1/13	14,96**
		poids larvaire		poids nymphal	$40,84 + 0,610 x_1 - 1,508 x_2$	2/12	6,02*
		poids larvaire		poids nymphal	$16,58 + 0,578 x_1$	1/18	22,70***
		durée de vie larvaire		poids larvaire	$42,79 + 2,080 x_1$	1/33	11,73**
		poids larvaire		poids nymphal	$27,87 + 0,449 x_1$	1/33	27,49***
B	♂ + ♀	poids larvaire		poids nymphal	$51,19 + 0,213 x_1$	1/30	5,56*
C	♂ + ♀	durée de vie larvaire	durée de vie larvaire	poids nymphal	$37,19 + 1,689 x_1$	1/18	4,97***
		poids larvaire		poids nymphal	$3,527 + 0,408 x_1 + 1,735 x_2$	2/17	11,78***
		poids larvaire		poids nymphal	$42,45 + 0,339 x_1$	1/20	12,37**
		poids nymphal		nombre d'œufs	$-106,86 + 4,680 x_1$	1/20	5,94*
		durée de vie larvaire		poids nymphal	$50,10 + 1,126 x_1$	1/40	4,07*
D	♂ + ♀	poids larvaire	durée de vie larvaire	poids nymphal	$15,29 + 0,422 x_1 + 1,060 x_2$	2/39	18,64***
		poids larvaire		poids nymphal	$22,41 + 0,479 x_1$	1/18	11,05**
		poids larvaire		poids nymphal	$40,04 + 0,292 x_1$	1/20	8,16**
		durée de vie larvaire		poids larvaire	$56,49 + 1,098 x_1$	1/40	4,02*
		poids larvaire		poids nymphal	$27,68 + 0,423 x_1$	1/40	29,27***
E	♂ + ♀	poids larvaire		poids nymphal	$14,95 + 0,616 x_1$	1/11	14,30**
		poids larvaire		poids nymphal	$12,07 + 0,663 x_1$	1/20	25,44***
		durée de vie larvaire		nombre d'œufs	$8,958 + 9,130 x_1$	1/20	6,31*
		poids larvaire		poids nymphal	$13,31 + 0,645 x_1$	1/33	44,97***

⁽¹⁾ Les régressions non-significatives ne sont pas portées dans ce tableau.

A : milieu base de semoule de maïs du commerce ;

B : — — semoule de maïs de grain entier (PORROUT et BUES, 1970) ;

C : — — germe de blé (LEWIS et LYNCH, 1969) ;

D : — — haricot (WEISMANN, communication personnelle) ;

E : — — poudre de luzerne (NAGY, 1970).

* Probabilité entre 5 p. 100 — 1 p. 100 ; ** Probabilité entre 1 p. 100 — 0,01 p. 100 ; *** Probabilité < 0,01 p. 100.

La fécondité des femelles est plutôt déterminée par la qualité de l'alimentation des chenilles, ce qui se traduit aussi par un poids nymphal plus élevé. Ceci a été observé dans le cas de milieu à base de germe de blé. Le même type de rapport (poids : fécondité) a été remarqué par BAREIKO (1972) chez *L. pomonella* et par ZWÖLFER (1933) chez *L. monacha*. Par contre MALEKI-MILANI (1971) ne note aucun rapport entre le poids de chrysalides et le nombre d'œufs pondus chez *Memestra brassicae* L. élevé sur les milieux artificiels. Dans des expériences précédentes (GAHUKAR, 1975 b), nous avons vu que la fécondité diffère selon le type de milieu. Celui à base de semoule de maïs du commerce donne une fécondité réduite par rapport au milieu avec semoule de maïs de grain entier ; pourtant, les poids nymphaux ne sont pas significativement différents. Sur milieu « haricot », bien que le poids nymphal soit inférieur à celui noté dans le cas de semoule du commerce, la fécondité est plus élevée. Ce travail antérieur confirme aussi la prédominance de la qualité de l'alimentation larvaire sur la fécondité.

Il est à noter, dans le cas du milieu à base de germe de blé, que parmi les données mathématiques portant sur les différents stades de l'insecte, celle de la fécondité (y) en fonction du poids nymphal (x_1), [par exemple : $y = -106,86 + 4,68 x_1$] a une importance dans la pratique car elle précise le devenir d'une population et détermine l'opportunité des interventions de divers moyens de lutte.

Reçu pour publication en août 1975.

REMERCIEMENTS

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur le Professeur LE BERRE, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay et à Monsieur MOREAU, Station de Zoologie, C. N. R. A., Versailles pour les conseils qu'ils m'ont prodigués au cours de ce travail et également à Monsieur ARNOUX, Station de Biométrie, C. N. R. A., Versailles pour les analyses statistiques.

SUMMARY

RELATIONS BETWEEN VARIOUS LARVAL AND PUPAL PARAMETERS AS PER SEX AND LARVAL DIET OF *OSTRINIA NUBILALIS* HÜBNER

Laboratory rearing of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER on 5 artificial diets permitted to explain the linear relations between various larval and pupal parameters (period of development, weight etc.). These relations are more or less significant depending upon the sex and larval diet. Moreover, these parameters have been compared with fecundity of females.

The relation between number of eggs laid by female (y) and pupal weight (x_1), (for example, $y = -106.86 + 4.68 x_1$ in case of diet containing wheat germ), can be taken into consideration for the prediction of evolution of insect populations.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOREIKO T. A., 1972. Correlation between the weight of pupae and the number of eggs in *Laspeyresia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae). Zool. Zh., **51**, 920-921.
- BOTTGER G. T., 1951. Sugars and protein in the corn plant as related to nutrition of the European corn borer. J. econ. Ent., **44**, 40-44.

- DESEÖ K.V., 1971. Study of factors influencing the fecundity and fertility of codling moth. (*Laspeyresia pomonella* L. Lepid., Tortr.). *Acta phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **6**, 243-252.
- GAHUKAR R. T., 1975 a. Nouvelles techniques adoptées pour l'élevage d'*Ostrinia nubilalis* HÜBNER, sur milieu artificiel. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **7**, 491-498.
- GAHUKAR R. T., 1975 b. Biology of European corn borer, *Ostrinia nubilalis* HBN. reared on five artificial diets. (en préparation).
- LEWIS L. C., LYNCH R. E., 1969. Rearing the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (HÜBNER) on dits containing corn leaf and wheat germ. *Iowa State J. Sci.*, **44**, 9-14.
- LEWIS L. C., RAUN E. S., 1966. Consumption and utilization of laboratory diets by European corn borers. *Iowa State J. Sci.*, **41**, 173-180.
- MALEKI-MILANI H., 1971. Élevage de la noctuelle du chou, *Mamestra* (*Barathra*) *brassicae* L. sur milieu artificiel. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, (N. S.), **7**, 39-56.
- MANI E., 1968. Biologische Untersuchungen an *Pandemis heparana* (DEN. und SCHIFF.) unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren, welche die Diapause induzieren und die Eiablage beeinflussen. *Mitt. Schweiz. Ent. Gesell.*, **3-4**, 145-203.
- NAGY B., 1970. Rearing of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* HBN.) on a simplified artificial diet. *Acta phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **5**, 73-79.
- POITOUT S., BUES R., 1970. Élevage de plusieurs espèces de lépidoptères *Noctuidae* sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **2**, 79-91.
- SPATES G. E., HIGHTOWER B. G., 1970. Variations in the size and reproductive capacity of wild type and laboratory adapted populations of the screw worm fly. *J. Econ. Ent.*, **63**, 1381-1385.
- SCHMIDT C. D., BLUME R. R., 1973. Laboratory-reared horn flies : relationships between width of head and weight of pupa in both sexes and between these measurements and number of ovarioles in females. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **66**, 1307-1308.
- SOLOMON J. D., 1967. Carpenterworm oviposition. *J. econ. Ent.*, **60**, 309.
- ZWÖLFER W., 1933. Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre de Nonne, *Lymantria monacha* L. *Z. ang. Ent.*, **20**, 1-50.

INFLUENCE DE LA DIMENSION DE PIÈGES A EAU COLORÉS EN JAUNE SUR LES CAPTURES D'APHIDES DANS UNE CULTURE DE CAROTTE

J. M. RABASSE ⁽¹⁾, E. BRUNEL, R. DELECOLLE* ⁽²⁾, et Joëlle ROUZE-JOUAN

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie, I. N. R. A.,

** Chaire de Statistique et d'Informatique,*

École nationale supérieure agronomique,

65, rue de Saint-Brieuc,

35042 Rennes Cedex

RÉSUMÉ

La variation des captures d'Aphides dans des pièges jaunes carrés de 5 à 60 cm de côté disposés sur le sol a été étudiée en culture de carotte. On constate d'une part que l'indice de diversité augmente avec la surface du dispositif utilisé et se stabilise pour des dispositifs d'assez grandes dimensions. D'autre part, la composition numérique de la fraction de faune aérienne recueillie varie avec la taille des pièges. Enfin, la loi de variation des captures en fonction du côté du piège n'est pas la même pour différentes espèces et semble varier avec l'abondance de l'espèce observée.

INTRODUCTION

Les pièges jaunes sont attractifs vis-à-vis d'un certain nombre d'espèces d'insectes ailés, pucerons notamment. Les captures obtenues reflètent donc non seulement les variations de l'abondance et de l'activité des populations étudiées — qui intéressent l'écologiste —, mais également les variations de l'attractivité selon les espèces (ZDAREK et POSPISIL, 1966), selon le piège et son environnement. Malgré cela, le piège jaune est largement utilisé pour deux raisons essentielles :

— d'une part, il est d'un emploi extrêmement commode (maniabilité, bonne conservation des insectes) et peut difficilement être remplacé dans de nombreuses

⁽¹⁾ Nouvelle adresse : Station de Zoologie et de lutte biologique, I.N.R.A., 37, boulevard du Cap, 06602 Antibes.

⁽²⁾ Nouvelle adresse : Station de Bioclimatologie, I.N.R.A., Domaine Saint-Paul, Cantarel, 84140 Montfavet.

expérimentations de terrain par des méthodes non attractives, telles que le piège à succion, qui nécessitent une source d'énergie (LE BERRE et ROTH, 1969) ;

— d'autre part, on a pu constater, dans le cas de *Myzus persicae* et du virus de l'enroulement de la pomme de terre, une bonne corrélation entre le nombre d'ailés capturés par des pièges jaunes englués et la contamination des plantes par les virus (BROADBENT, 1950). Cette constatation est étayée par les analogies existant entre le comportement d'atterrissage des aphides sur les végétaux et sur une surface jaune (KRING, 1972).

Une étude précise du fonctionnement de ce type de piège, débouchant sur l'interprétation des résultats qu'il fournit, est donc parfaitement justifiée. L'influence, sur l'attractivité des pièges, de leur hauteur (HEATHCOTE, 1958 ; LANDIS, 1972 ; ROBERT, RABASSE et ROUZE-JOUAN, 1974), de leur couleur (LAMB, 1958), du substrat (MOERICKE, 1957 ; EVANS et MEDLER, 1966) a été très étudiée. Par contre, le rôle joué par leur taille et par leur nombre a été rarement abordé (BRUNEL et RABASSE, 1975). Les écologistes utilisant des pièges de dimensions très diverses, nous avons cherché à préciser l'influence de la taille du piège jaune sur les captures d'aphides, dans une assez large gamme de dimensions.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les piégeages ont été effectués à Rennes dans des cultures de carotte de printemps. Les rangs de carotte étaient espacés de 40 cm, le sol demeurant largement visible entre les lignes de végétation. Les bacs de piégeage étaient confectionnés en polychlorovinyl gris et avaient 5 cm de haut ; l'intérieur était peint en jaune « bouton d'or » ⁽¹⁾. Ils contenaient de l'eau additionnée de mouillant et étaient disposés sur le sol.

En 1972, l'essai comportait des pièges carrés de 5, 10, 20 et 40 cm de côté avec 5 répétitions ; il est resté en place du 19 au 24 mai. En 1973, un piège de 60 cm de côté avait été ajouté aux précédents et il y avait 4 répétitions ; le piégeage a duré du 6 au 14 juin. L'ensemble des pièges, répartis de façon assez régulière, était disposé sur une superficie de 4 ares environ. Le détail du dispositif des blocs, ainsi que les conditions climatiques sont exposés par ailleurs (BRUNEL et RABASSE, 1975). Nous avons été amenés à effectuer des comparaisons avec les données fournies par un (1973) ou deux (1972) pièges à succion de JOHNSON et TAYLOR de 9 pouces (JOHNSON, 1950), disposés également au niveau du sol dans la même parcelle.

RÉSULTATS

Nombre d'espèces capturées et taille du piège

Les Aphides récoltés dans les différents pièges ont été triés en 72 espèces et 16 groupes d'espèces difficiles à séparer à la loupe binoculaire. Ces groupes peuvent être fortement représentés (groupe « *Aphis fabae* ») ou, plus généralement, peu abondants (*Holcaphis* spp., *Pentatrachopus* spp...). La répartition du nombre d'espèces en fonction du nombre d'individus dans les différents pièges est indiquée par la figure 1, tandis que la figure 2 montre la valeur de deux indices de diversité pour les différents

(¹) Réf. Ripolin 514. Ses caractéristiques spectrales ont été précisées par BRUNEL et LANGOUET (1970).

groupes de pièges. Ces valeurs ont été précisées pour l'ensemble des dispositifs en place chaque année (5 répétitions en 1972, 4 en 1973).

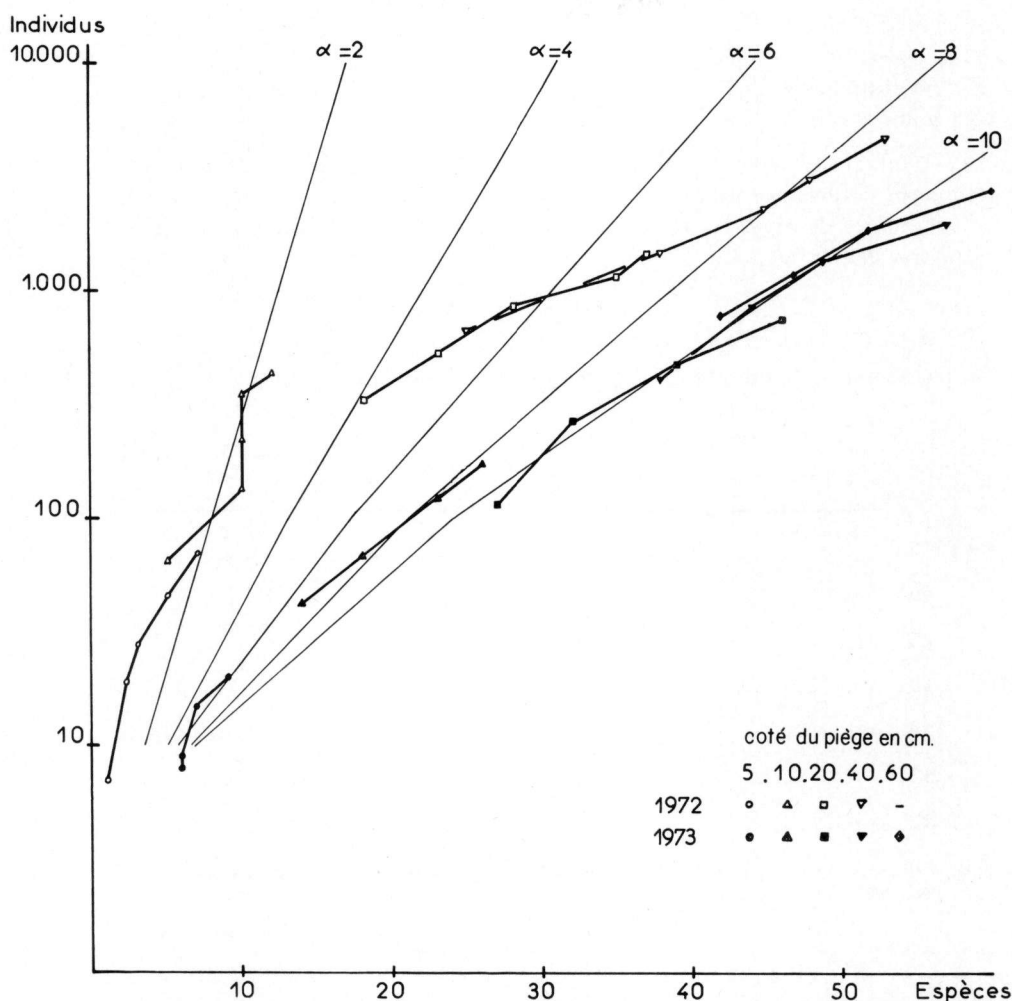


FIG. 1. — Relation entre le nombre d'individus et le nombre d'espèces aphidiennes capturés dans des bacs jaunes carrés de tailles différentes. Pour chaque taille de piège, les points successifs correspondent aux valeurs obtenues pour : piège n° 1, captures des pièges n° 1 et n° 2 groupées, captures des pièges n° 1, n° 2 et n° 3 groupées, etc.. α = indice de diversité de WILLIAMS.

L'indice de diversité de WILLIAMS (FISHER, CORBET et WILLIAMS, 1943) repose sur l'hypothèse que les nombres d'individus par espèce sont distribués selon une série logarithmique que l'on peut écrire :

$$n_1, \frac{n_1 x}{2}, \dots, \frac{n_1 x^{q-1}}{q} \quad (1)$$

n_1 : nombre d'espèces représentées par un individu,

x : un nombre inférieur à l'unité.

Cet indice α , d'un usage courant en matière de piégeage, est défini par la formule :

$$S = \alpha \text{Log} \left(1 + \frac{N}{\alpha} \right) \quad (2)$$

S : nombre d'espèces,
N : nombre d'individus.

L'intervalle de confiance que nous avons indiqué a pour valeur deux fois l'erreur standard déterminée à l'aide de l'abaque de ces auteurs.

L'indice de diversité D de SHANNON, qui se réfère à la théorie de l'information, a pour valeur :

$$D = - \sum p_i \log_2 p_i \quad \text{avec : } p_i = \frac{n_i}{N} \quad (3)$$

p_i représente l'abondance de l'espèce de rang i dans l'échantillon.

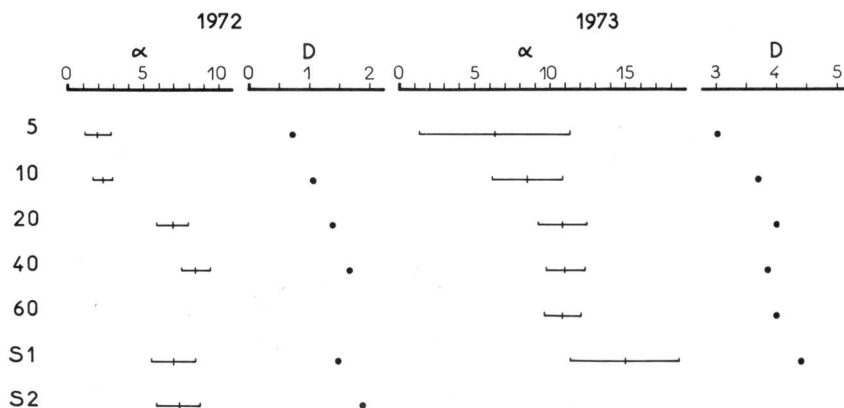


FIG. 2. — Valeurs de l'indice de diversité α de WILLIAMS et D de SHANNON (définitions dans le texte) pour l'ensemble des captures d'aphides dans les pièges de différentes tailles et intervalle de confiance de α .

5 : piège jaune de 5 cm de côté
S : piège à suction

L'estimée des deux indices de diversité augmente avec la taille des pièges et se stabilise à partir de ceux de 20 cm de côté (fig. 2). La variation est importante, puisqu'en 1972, l'indice de WILLIAMS est de 1,93 pour les pièges de 5 cm, c'est-à-dire que le tri de 1 000 aphides aurait théoriquement permis d'y trouver 12 espèces, contre 8,44 dans les pièges de 40 cm, c'est-à-dire que le même échantillon aurait compris 40 espèces.

La figure 1 montre comment évolue l'indice de diversité de WILLIAMS pour plusieurs pièges de même taille et pour des pièges de tailles différentes. Cette présentation, d'ailleurs critiquable puisque les données des pièges ont été simplement groupées dans l'ordre de la numérotation qui leur avait été attribuée sur le terrain, montre une remarquable continuité de la courbe. On est donc amené à penser que l'estimée de l'indice de diversité varie de façon continue en fonction de la surface

du dispositif de piégeage utilisé ou de la taille de l'échantillon récolté. La valeur de cette estimée se stabilise en 1972 pour 3 pièges de 40 cm de côté ; en 1973, elle se stabilise déjà pour les pièges de 20 cm.

Les valeurs obtenues à l'aide des pièges à succion ont été indiquées à titre de référence sur la figure 2 ; elles sont très voisines de celles fournies par les grands pièges en 1972, année où le nombre d'aphides capturés est le plus élevé, mais nettement supérieures en 1973. Cependant, les aphides concernés par les deux types de pièges ne sont pas exactement les mêmes, puisque le piège à succion échantillonne le milieu aérien sur une hauteur donnée, tandis que le piège jaune attire plus ou moins les différentes espèces dans un volume d'air qui dépend vraisemblablement de sa taille. La comparaison doit donc être faite avec beaucoup de prudence.

Nombre d'individus capturés et taille du piège

TABLEAU I

Nombre d'Aphides capturés dans des pièges jaunes carrés de tailles différentes, du 19 au 24 mai 1972 et du 6 au 14 juin 1973 à Rennes

Année		1972				1973				
Côté du piège (cm)	n° du piège	5	10	20	40	5	10	20	40	60
<i>Cavariella aegopodii</i> SCOP.	1	7	60	280	511	1	10	13	16	54
	2	10	58	171	628	1	7	19	55	46
	3	8	73	254	663	3	11	36	66	78
	4	16	111	233	520	0	8	47	84	138
	5	23	65	262	822					
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> THOM.	1	0	0	6	6	0	4	7	10	22
	2	0	1	6	4	0	1	7	10	1
	3	0	2	17	21	0	3	15	14	30
	4	0	2	3	12	1	6	8	11	15
	5	0	4	6	15					
<i>Myzus persicae</i> SULZ.	1	0	0	7	30	0	8	24	159	199
	2	0	1	5	18	0	4	30	91	107
	3	0	3	6	21	0	14	54	164	268
	4	1	1	8	26	2	8	59	182	250
	5	0	1	8	28					
Autres Aphides	1	0	5	39	108	7	25	77	211	497
	2	2	9	30	120	2	15	94	295	218
	3	1	9	43	149	4	26	107	264	364
	4	1	16	39	165	2	33	161	340	498
	5	2	14	44	165					

Le détail des captures est consigné dans le tableau I. Dans l'ensemble du dispositif, les espèces plus particulièrement étudiées représentaient les pourcentages suivants des aphides pour les deux années de piégeage :

Aphides	1972	1973
<i>Cavariella aegopodii</i> SCOP (%)	79,5	12,2
<i>Myzus persicae</i> SULZ (%)	2,7	28,3
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> THOM (%)	1,7	2,8
« Groupe <i>Aphis fabae</i> » (%)	3,1	7,0

A l'exception du « groupe *Aphis fabae* », toujours susceptible d'hétérogénéité, seulement trois espèces étaient suffisamment représentées pour donner lieu les deux années à une analyse séparée. Il faut noter qu'en 1972 le « groupe *A. fabae* » représentait une fraction importante des « aphides autres que les trois espèces étudiées ». Plusieurs approches sont possibles pour apprécier la valeur des indications fournies par les captures d'un piège pour une espèce donnée.

1. Pourcentage des différentes espèces dans les captures.

Nous avons, dans un premier temps, comparé le pourcentage de chaque espèce par rapport à l'ensemble des pucerons dans les pièges de différentes tailles.

TABLEAU 2

Pourcentage des espèces étudiées dans l'ensemble des aphides capturés, calculé pour les différentes tailles de pièges

Espèces	Année	Taille des pièges (cm)				
		5	10	20	40	60
<i>C. aegopodii</i>	1972	90,1	84,4	81,8	78,0	—
	1973	21,7	19,8	15,2	11,2	11,3
<i>M. euphorbiae</i>	1972	0	2,1	2,6	1,4	—
	1973	4,3	7,7	4,8	2,3	2,4
<i>M. persicae</i>	1972	1,4	1,4	2,3	3,1	—
	1973	8,7	18,7	22,0	30,2	29,6

Le tableau 2 montre que la composition de la population aphidienne change selon la taille du piège. Le pourcentage des *C. aegopodii* capturés diminue régulièrement lorsque le côté du piège augmente, tandis que celui de *M. persicae* augmente. Il est plus difficile de saisir une tendance dans les captures de *M. euphorbiae*. La structure de la population aérienne des pucerons sera donc diversement appréciée selon le type de piège utilisé, ce qui complète ce que nous avons déjà dit à propos de l'indice de diversité.

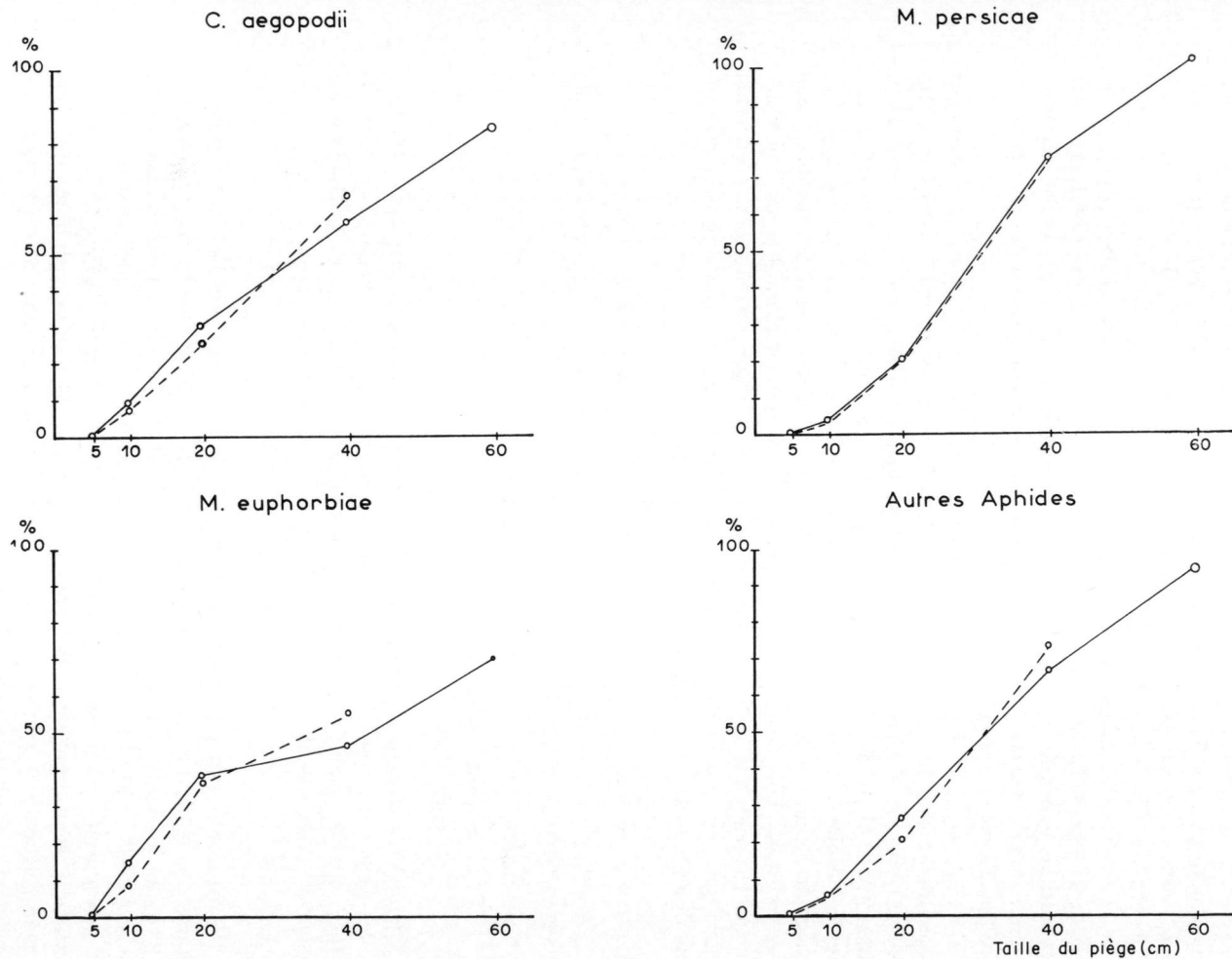


FIG. 3. — Captures de *Cavariella aegopodii* SCOP., *Macrosiphum euphorbiae* THOM., *Myzus persicae* SULZ. et des « autres aphides » dans les pièges de différentes tailles, exprimées en pourcentage des captures totales des pièges de 5, 10, 20 et 40 cm de côté en 1972 et 1973.

— — — 1972

— 1973

Nous avons ensuite, dans le but de comparer les deux années de piégeage, pour chaque espèce, exprimé les captures de chaque taille de pièges en pourcentage des captures effectuées dans l'ensemble des pièges de 5, 10, 20 et 40 cm de côté (fig. 3). Sans se livrer à une analyse fine de ces pourcentages, on peut cependant faire plusieurs remarques. La forme des courbes est la même les deux années pour chaque espèce ; dans le cas de *M. persicae* elles sont même pratiquement superposées. Les valeurs obtenues en 1973 pour les pièges de 40 cm sont systématiquement inférieures à celles de 1972. Cela pourrait être dû, cette année-là, à une concurrence entre les pièges de 40 cm et de ceux de 60 cm dans notre dispositif ou à une différence entre les conditions générales de piégeage les deux années. Les résultats étant exprimés en pourcentage, cette diminution des captures des pièges de 40 cm a des répercussions sur celles des pièges de tailles inférieures.

Il n'en demeure pas moins que les captures de *C. aegopodii* se distribuent grossièrement selon une droite, celles de *M. euphorbiae* selon une « courbe logarithmique », celles de *M. persicae* et des « autres aphides » selon une « courbe en S ». D'autre part, il est assez remarquable de constater que lorsqu'on les superpose, toutes ces courbes se coupent en un point précis (sauf pour *C. aegopodii*, 1972) où un piège de 28 cm de côté aurait toujours capturé 40 p. 100 des individus de chaque espèce récoltés dans les 4 types de pièges pris en considération. Ces quelques remarques concernant la figure 3 n'ont d'autre prétention que de mettre en relief un biais qui a pu entacher les résultats de 1973 et de suggérer une approche du problème différente de celle que nous avons développée.

2. Régression entre les valeurs transformées du côté du piège et des captures.

L'essentiel de la comparaison entre le nombre d'individus capturés et la taille du piège a porté directement sur les comptages.

Nous utiliserons les notations suivantes :

L : côté du piège en cm ;

C : nombre d'individus capturés.

Quand on compare graphiquement les valeurs moyennes des captures obtenues avec les pièges de différentes tailles aux diverses fonctions usuelles $C = f(L)$, on constate que les points s'alignent correctement en coordonnées arithmétiques. Nous avons donc calculé pour l'ensemble des données les régressions :

$$C = b_1 L + a_1 \quad (4)$$

Les résultats sont représentés dans le tableau 3. Avant d'utiliser ces résultats, il est nécessaire de procéder à un certain nombre de tests, qui tous, supposent la stabilité des variances, quelle que soit la valeur de la variable indépendante L . Nous avons effectué le test de HARTLEY (tabl. 4), qui montre que cette condition n'est pas remplie ⁽¹⁾. Il est donc impossible en toute rigueur d'appliquer le modèle linéaire aux résultats précédents. D'autre part, la représentation graphique qui nous a suggéré la fonction (4) n'est pas correcte, puisque les moyennes ne sont pas représentatives des résultats de chaque piège.

⁽¹⁾ Notons cependant que le résultat peut provenir de la grande sensibilité du test de Hartley à la non-normalité des populations examinées.

TABLEAU 3

Valeurs des coefficients a_1 et b_1 de la régression $C = b_1 L + a_1$
et du coefficient de corrélation r pour des pièges de 5 à 60 cm de côté
(C : nombre de pucerons capturés ; L : côté du piège en cm)

Espèces	<i>C. aegopodii</i>		<i>M. euphorbiae</i>		<i>M. persicae</i>		Autres Aphides	
	1972	1973	1972	1973	1972	1973	1972	1973
a_1	— 96,3	— 3,56	— 1,41	0,75	— 5,31	— 26,4	— 28,8	— 37,2
b_1	0,97	1,42	0,33	0,28	0,72	3,98	4,10	7,38
r	0,97	0,81	0,73	0,73	0,96	0,92	0,96	0,93

TABLEAU 4

Valeurs du H de HARTLEY pour les distributions des captures d'Aphides
dans les pièges de différentes tailles

(arith. : données brutes ; Log. : après transformation : $\log(n + 1)$)

Espèces	<i>C. aegopodii</i>		<i>M. euphorbiae</i>		<i>M. persicae</i>		Autres Aphides	
	1972	1973	1972	1973	1972	1973	1972	1973
H observé arith.	359	1 094	21,5	605	124	5 210	980	3 173
H observé Log	5,6	14,95	1,25	72,11	1,04	3,1	9,20	5,6
H 95 p. 100	20,6	50,7	20,6	50,7	20,6	50,7	20,6	50,7

Pour essayer de stabiliser les variances, nous avons donc effectué une transformation logarithmique (tabl. 4) et calculé les régressions :

$$\text{Log}(C + 1) = b_2 \text{Log} L + a_2 \quad (5)$$

Cette expression est plus générale que la formule (4). Les résultats sont présentés dans le tableau 5 ; les tests de linéarité et de signification du coefficient de régression b_2 ont été effectués par la méthode de l'analyse de la variance (DAGNELIE, 1969).

Nous constatons que la régression n'est pas linéaire pour *C. aegopodii* en 1972, ni pour *M. persicae* et les « autres aphides » en 1973, tandis que b_2 est toujours très significativement différent de 0. Pour *M. euphorbiae*, seule espèce dont la régression soit linéaire les deux années, la valeur de b_2 est respectivement de 1,20 et 0,93 en 1972 et 1973, c'est-à-dire que le nombre de *M. euphorbiae* est grossièrement propor-

tionnel au côté du piège. Si l'on considère les autres espèces « linéaires », b_2 varie de 0,98 à 1,53. Le fait que généralement les espèces réagissent différemment les deux années considérées et que la non-linéarité corresponde aux valeurs les plus élevées de b_2 , nous conduit à penser que la formule (5) ne traduit pas le phénomène dans son ensemble.

TABLEAU 5

Valeurs des coefficients a_2 et b_2 de la régression : $\text{Log } (C + 1) = b_2 \text{ Log } L + a_2$ pour les captures d'aphides dans les pièges de différentes tailles (C : nombre d'individus capturés ; L : côté du piège en cm) et du coefficient de corrélation r pour des pièges carrés de 5 à 60 cm de côté.

F lin. : valeur calculée du F de linéarité 1972 : $F_{16}^2 = 3,63$; 1973 : $F_{15}^3 = 3,29$.

F sign. b_2 : valeur calculée du F de signification de b_2 : 1972 : $F_{16}^1 = 4,49$

1973 : $F_{15}^1 = 4,45$.

Espèces	<i>C. aegopodii</i>		<i>M. euphorbiae</i>		<i>M. persicae</i>		Autres Aphides	
	1972	1973	1972	1973	1972	1973	1972	1973
a_2	— 0,24	— 1,21	— 1,85	— 0,95	— 2,53	— 2,71	— 2,40	— 1,12
b_2	1,86	1,40	1,20	0,93	1,53	2,04	2,02	1,80
r	0,97	0,92	0,89	0,79	0,96	0,97	0,98	0,97
F lin.	5,29	1,62	3,10	1,48	3,55	4,08	1,10	8,79
F sign. b_2	338	102	66,6	44,9	215	317	451	278

3. Étude de l'homogénéité des relations côté du piège-captures.

Afin de comparer globalement les réponses des différentes espèces à des pièges de différentes tailles, les résultats de l'année 1972 et ceux de l'année 1973 ont été respectivement soumis à l'analyse de covariance, ce qui revient à chercher s'il est possible de confondre les différentes courbes de réponse en une seule.

Dans l'analyse, chacune des quatre populations (*C. aegopodii*, *M. euphorbiae*, *M. persicae* et « autres aphides ») est donc représentée par des comptages (sous la forme $\text{Log } (C + 1)$) associés à la taille du piège concerné (sous la forme $\text{Log } L$).

Les résultats ont été analogues pour les deux années et, à titre d'exemple, on a détaillé ci-dessous les résultats de 1972.

Les variances des échantillons de comptages transformés se révèlent statistiquement égales (suivant le test de BARTLETT : la valeur calculée est 2,97 et la valeur théorique du χ^2 à 3 d.d.l. au seuil 5 p. 100 : 7,8).

D'autre part, l'analyse de variance, pratiquée sur les comptages transformés, révèle une différence significative entre les divers échantillons (valeur du F calculé : 8,04 et valeur du F à 3 et 75 d.d.l. au seuil 5 p. 100 : 2,74).

Mais, lorsqu'on passe au calcul des régressions élémentaires, on se heurte à la non-homogénéité des variances résiduelles autour des régressions individuelles (d'après le test de BARTLETT, la valeur calculée est 72,97 et la valeur théorique à

5 p. 100 : 7,81), ce qui signifie qu'en toute rigueur, on ne peut poursuivre l'analyse puisque les régressions individuelles ne sont pas comparables entre elles.

Si l'on transgresse cependant cet interdit et que l'on calcule un coefficient de régression commun (égal ici à 1,54), on constate qu'il n'y a pas de parallélisme entre les droites de régression : la valeur du F de parallélisme est en effet 12,80 contre un F théorique à 5 p. 100 de 2,74, alors que le coefficient commun estimé se révèle très différent de 0 (F calculé 348,71 contre un F théorique à 5 p. 100 de 3,98).

Il est évident que l'analyse ne peut être poursuivie plus loin : on ne peut considérer que l'effet du facteur taille des pièges est identique pour toutes les espèces de Pucerons étudiées.

On remarquera cependant que l'analyse a été faite sur un faible nombre de répétitions par taille de piège et par espèce : il est donc impossible *a priori* de savoir s'il existe une évolution des distributions des comptages avec la taille des pièges, évolution qui pourrait biaiser les résultats de l'analyse.

Seule une expérimentation menée sur un plus grand nombre de répétitions pourrait nous renseigner sur ce point et éventuellement remettre en cause le type de transformation de données utilisé ici.

DISCUSSION

Nous avons constaté que les indices de diversité varient, de façon continue semble-t-il, avec la surface du dispositif utilisé. Il semble donc difficile d'attribuer cette variation uniquement à la taille du piège en émettant l'hypothèse que la strate prospectée par les grands pièges est plus importante que celle prospectée par les petits, le nombre d'espèces soumises à l'attraction étant alors plus élevé. Cette variation ne semble pas non plus imputable au fait que certains individus ne sont pas identifiés à l'espèce. En effet, dans les faibles récoltes, *Dysaphis* spp. par exemple sera souvent représenté par un seul individu et correspondra à une seule espèce, alors qu'il pourra comporter plusieurs espèces dans des échantillons plus importants. En première approximation, ce groupement devrait donc être à l'origine d'une légère sous-estimation des indices de diversité des grands échantillons, qui, elle-même, accentuerait la tendance observée.

La variation des indices de diversité est plus nette en 1972 qu'en 1973, c'est-à-dire lorsque les captures sont les plus nombreuses. Le nombre de répétitions étant constant, il est évident que le nombre d'individus capturés varie en même temps que la taille des pièges. D'autres auteurs ont également constaté une augmentation de l'indice de diversité de WILLIAMS avec la taille de l'échantillon. WILLIAMS (1943) l'observe lorsqu'il cumule les résultats de 1, 2, 3 et 4 années de piégeage lumineux pour des Lépidoptères et des Hétéroptères *Capsidae*. Il attribue ce phénomène aux variations annuelles de la faune présente. HAIRSTON (1959) se basant sur l'observation des microarthropodes du sol, montre comment la forte aggrégation des espèces rares conduit à l'augmentation de l'indice de diversité lorsque la taille de l'échantillon augmente. *A priori*, cette dernière explication ne peut s'appliquer à des insectes se déplaçant individuellement au-dessus d'un dispositif attractif d'assez faible surface.

L'indice de SHANNON est théoriquement indépendant de la taille de l'échantillon. Celui de WILLIAMS en est également indépendant dans la mesure où la distribution du nombre d'individus par espèce correspond bien à une série logarithmique. Se basant sur les résultats de LAMB (1958), THOMPSON (1958) a montré que des captures d'aphides identifiés à l'espèce effectuées à l'aide de bacs jaunes de $63,5 \times 49$ cm s'ajustaient bien à cette série logarithmique, ainsi qu'à une série log-normale tronquée. Dans le cas qui nous préoccupe, nous attendrons le résultat d'expériences complémentaires pour rechercher l'origine de cette variation des indices de diversité, nous bornant pour l'instant à en constater les effets pratiques. L'indice de WILLIAMS se stabilise en 1972 pour une surface de pièges de 48 dm^2 et à partir de 2 200 aphides capturés, en 1973 pour seulement 4 dm^2 et 120 aphides. L'utilisation d'un dispositif important de pièges jaunes semble donc nécessaire pour obtenir un indice de diversité indépendant de la taille du piège et de la population récoltée, c'est-à-dire caractéristique du couple piège jaune-populations aériennes d'aphides dans des conditions écologiques données.

L'étude espèce par espèce montre d'une part que l'effet du facteur taille du piège n'est pas identique pour toutes les espèces, d'autre part que les lois exprimées par une double transformation logarithmique traduisent souvent mal les phénomènes observés. Ce résultat est opposé aux conclusions de COSTA et LEWIS (1967), qui avaient obtenu pour une série de 3 pièges rectangulaires allant de 625 à $5\,700 \text{ cm}^2$ une bonne linéarité en confrontant la racine carrée du nombre de captures à la racine carrée de la surface du piège. Cependant, comme ces auteurs, nous constatons que le nombre d'individus capturés par unité de surface diminue lorsque la taille du piège augmente. La différence de réponse entre les espèces a comme conséquence une appréciation différente de la structure numérique des populations aériennes d'aphides lorsque l'on utilise des pièges de diverses tailles. D'une façon générale, le piège jaune n'est donc pas adapté à l'étude de cette structure. L'imprécision qui existe actuellement dans l'approche des lois de variation nous empêche de comparer les images de ces populations fournies par des pièges différents.

COSTA et LEWIS avaient remarqué que les espèces les plus nombreuses dans leurs captures présentaient des pentes plus fortes dans leur système de coordonnées. Nous notons pour notre part, avec les transformations logarithmiques utilisées, que la réponse de *M. euphorbiae* est linéaire en 1972 et 1973, alors que ses populations sont semblables, tandis que les deux autres espèces ainsi que les « autres aphides » n'ont pas une réaction linéaire l'année où elles sont les plus abondantes et qui est différente selon les espèces (l'abondance relative entre les années indiquée par les pièges jaunes est corroborée par les données des pièges à succion). Cette remarque introduit un doute quant à la comparaison des captures d'une espèce deux années successives — c'est-à-dire pour des populations aériennes nettement différentes — avec le même type de piège. Si l'on note que le piégeage n'a pas eu lieu exactement à la même époque les deux années et qu'il portait peut-être sur des populations ayant un comportement différent, le même problème se pose au niveau de différentes périodes de la même année.

Reçu pour publication en novembre 1975.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement J. PAGÈS de la Chaire de Statistique et Informatique de l'École nationale supérieure agronomique de Rennes pour sa contribution à l'analyse de covariance.

SUMMARY

EFFECT OF THE SIZE OF THE YELLOW WATER PANS
ON THE CATCHES OF APHIDS IN A CARROT FIELD

Yellow water pans are commonly used for collecting populations of flying aphids. Several authors paid attention to the incidence of the trap' height and colour on the catches. This note deals with the influence of square trap surface in a range of 25 to 3 600 cm².

Plastic trays painted in yellow (trade mark : Ripolin 514) were filled with water plus a few drops of detergent and placed on the ground in a carrot field. 5 trays of 5, 10, 20, 40 cm were used in 1972 (May 19th to May 24th), and 4 trays of the same sizes and also one of 60 cm in 1973 (June 6th to June 14th). 72 species of aphids and 16 groups of species could be identified.

WILLIAMS' and SHANNON'S diversity indexes increase with trap size and/or catches (fig. 2). WILLIAMS' seems to stabilize for large trap surfaces (fig. 1). Little emphasis is paid, for the time being, on the causes of such a variation, but the authors believe that ecologists should use large trap surfaces or large catches to ascertain representative diversity indexes.

Similarly to COSTA and LEWIS (1967) we find that estimates of the proportion of each species in the air differ with traps of different sizes. But the relationship between catches and size of the trap is not always linear when plotted on a double log scale (formula 5 ; results in table 5). It is linear during the two years for *M. euphorbiae*, its populations being similar (1972 : $b_2 = 1,20$; 1973 : $b_2 = 0,93$). But, for *C. aegopodii*, *M. persicae* and the « other aphids », the relationship is linear only during the year when each population is lower. The various reactions of aphid populations to trap size according to the year and/or aerial density necessitate great caution as to comparison of catches of one aphid species in different ecological conditions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BROADBENT L., 1950. The correlation of aphid numbers with the spread of leafroll and rugose mosaic in potato crops. *Ann. Appl. Biol.*, **37**, 58-65.
- BRUNEL E., LANGOUET L., 1970. Influence des caractéristiques optiques du milieu sur les adultes de *Psila rosae* FABR. (Diptères, Psilidés) : attractivité de surfaces colorées, rythme journalier d'activité. *C. R. Soc. Biol.*, **164**, 1638-1644.
- BRUNEL E., RABASSE J. M., 1975. Influence de la dimension de pièges à eau colorés en jaune sur les captures d'insectes dans une culture de carottes. Cas particulier des Diptères. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **7**, 345-364.
- COSTA C. L., LEWIS T., 1967. The relationship between the size of yellow water traps and catches of aphids. *Ent. Exp. Appl.*, **10**, 485-487.
- DAGNELIE P., 1969. *Théorie et méthodes statistiques*, **2**, 451 p, Duculot, Gembloux.
- EVANS D. A., MEDLER J. T., 1966. Improved method of using yellow-pan aphid traps. *J. Econ. Ent.*, **59**, 1526-1527.
- FISHER R. A., CORBET A. S., WILLIAMS C. B., 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Écol.*, **12**, 42-58.
- HEATHCOTE G. D., 1958. Effect of height on catches of aphids in water and sticky traps. *Pl. Path.*, **7**, 32-35.
- HAIRSTON N. G., 1959. Species abundance and community organization. *Ecology*, **40**, 404-416.

- JOHNSON C. G., 1950. A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples. *Ann. Appl. Biol.*, **37**, 80-91.
- KRING J. B., 1972. Flight behavior of aphids. *Ann. Rev. Entomol.*, **17**, 461-492.
- LAMB K. P., 1958. Alate aphids trapped in Auckland, New Zealand, using Moericke colour traps. *N. Z. J. Sci.*, **1**, 579-589.
- LANDIS B. J., 1972. The alighting response of aphids to yellow-pan water traps at different elevations. *Environ. Entomol.*, **1**, 473-476.
- LE BERRE J. R., ROTH M., 1969. Méthodes de piégeage des invertébrés, B, Les pièges à eau, p. 65-78, in LAMOTTE M., BOURLIÈRE F. *Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*, Masson, Paris.
- MOERICKE V., 1957. Der Flug von Insekten über pflanzenfreien und pflanzenbewachsenen Flächen. *Z. Pflkhrankh. Pflpath. Pflschutz*, **64**, 507-514.
- ROBERT Y., RABASSE J. M., ROUZE-JOUAN J., 1974. Sur l'utilisation des pièges jaunes pour la capture de pucerons en culture de pomme de terre. I. Influence de la hauteur de piégeage. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **6**, 349-372.
- THOMPSON H. R., 1958. Note on the efficiency of aphid trapping. *N. Z. J. Sci.*, **1**, 614-616.
- ZDAREK J., POSPISIL J., 1966. On the photopositive response of some insects towards monochromatic lights. *Acta. Ent. Bohemoslov.*, **63**, 346-347.
-

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES SCOLYTIDAE ⁽¹⁾

II. — DYNAMIQUE DES POPULATIONS DU SCOLYTE MÉDITERRANÉEN *SCOLYTUS (RUGULOSCOLYTUS) MEDITERRANEUS* EGGERS EN ISRAËL

E. GUREVITZ

Organisation de Recherches agronomiques,
Centre Volcani, Bet Dagan (Israël)

RÉSUMÉ

Les facteurs qui influent sur les attaques massives dépendent de la présence d'un grand nombre d'arbres sensibles, de grandes populations de scolytes et de conditions climatiques favorables.

Des données qui ont été rassemblées et examinées, il s'avère que :

1. Le scolyte méditerranéen, sous ses différentes formes, existe pendant tous les mois de l'année et peut produire 3 à 4 générations par an. A la suite du développement de la population d'adultes des générations hivernales, l'on assiste, au printemps, à la ponte qui se poursuivra au cours de l'été, de l'automne et ce, jusqu'au début de l'hiver. Après la ponte, la population des larves se fait plus dense et se maintient à un niveau élevé, durant toute l'année. De grandes populations d'adultes existent pendant les différentes saisons, du printemps jusqu'au début de l'hiver. Au cours de l'hiver, la population d'adultes est inexistante, mais les larves, en état d'hibernation, sont nombreuses.

2. L'hibernation du stade larvaire commence avec la baisse de température en automne, et tire à sa fin lors de la hausse de la température au printemps.

3. La densité de la population hivernale dépend du nombre de larves parvenues à l'hibernation et des différents facteurs de mortalité, exerçant leur influence sur le développement de ces générations et de l'ampleur de la population.

4. La mortalité est plus basse pendant les années sèches et chaudes que pendant les années pluvieuses et humides. La mortalité hivernale sera réduite dans la mesure où les conditions climatiques seront plus favorables et des larves, en nombre plus grand, atteindront la fin du cycle biologique.

5. Les conditions climatiques constituent les facteurs d'influence primordiaux quant au développement de la population, dans les deux phases, et à la sensibilité de l'arbre qui sert d'hôte.

INTRODUCTION

Pour évaluer exactement les dégâts causés par le scolyte méditerranéen (*Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus* EGGERS) il faut comprendre la nature de l'activité que l'insecte exerce sur les arbres attaqués. Des arbres sains et normaux

⁽¹⁾ Contribution de l'Organisation de Recherches agronomiques, Centre Volcani, Bet Dagan, Israël.
1975 Séries, N° 102 E.

peuvent être détruits mais ce sont surtout les arbres faibles ou abattus qui sont attaqués. L'intensité de l'attaque varie d'une année à l'autre. Certaines années connaissent une activité relativement restreinte alors que d'autres sont sujettes à des attaques qui ont un caractère épidémique.

Il s'avère qu'en présence de conditions climatiques favorables, une attaque épidémique est causée par deux facteurs communs : l'abondance d'arbres adéquats et une population croissante des scolytes. La multiplication du nombre d'arbres pouvant servir d'hôtes, peut se produire par les voies suivantes : la chute prématurée des feuilles, une sécheresse prolongée, l'attaque des arbres par des éléments dévastateurs tels qu'insectes et maladies, etc. Ces différents facteurs affaiblissent l'arbre et rendent l'attaque des scolytes plus virulente.

Dans le cycle évolutif de scolyte méditerranéen on discerne l'influence directe et indirecte des facteurs climatiques. Les températures extrêmes et l'humidité élevée exercent sur les scolytes adultes, pendant la période de vol, une influence directe dont l'importance est difficilement évaluable. Indirectement, les conditions climatiques influent sur l'état physiologique de l'arbre et sa sensibilité ou sa résistance aux attaques du scolyte.

L'importance de ces facteurs est également considérable pendant la première phase quand l'insecte, dans ses différents stades vit sous l'écorce. L'insecte se trouve en contact intime avec son habitat qu'il ne peut changer, bien que des changements tels que de fortes températures et des conditions d'humidité particulières, puissent intervenir.

Les variations qui interviennent dans la population des scolytes dépendent de plusieurs éléments : l'aptitude au vol au cours des différentes saisons, la mortalité due à la formation de gommages, la densité de l'attaque, l'importance de la progéniture, la mortalité naturelle au cours des premiers jours après la sortie des adultes, le complexe parasitaire, la lutte chimique, etc.

En général le dégât a pour cause un état de déséquilibre physiologique passager de l'hôte. CHARARAS (1959) et VITÉ (1961) ont établi la réceptivité de la plante-hôte en fonction de sa vitalité aux attaques de divers scolytides de conifères. Le scolyte méditerranéen est considéré comme un parasite secondaire étant donné qu'il se nourrit aux dépens d'arbres qui, dans le bilan de la population endémique se trouvent en état physiologique médiocre. Cependant, dans des conditions favorables, quand la population s'accroît, il devient parasite primaire, s'attaque aux arbres d'aspect sain et les détruit.

Le fait de devenir « parasite primaire » s'applique à la capacité provisoire du scolyte méditerranéen d'attaquer des arbres sains, sans que pour cela il les attaque obligatoirement.

Le travail a été exécuté au Sud du Pays (Carmé Lachish), et au Centre (Mishmar David et Bareket) au cours des années 1965-1969.

Il est nécessaire de noter qu'il y a quelque différence quant à la pluie et la température entre les régions du centre et du sud du pays. Les pluies sont plus abondantes au centre (520 mm contre 350 mm au sud), et les températures varient généralement de 1 à 1,5°C avec le temps. Au sud les températures minimales et maximales sont de 6,5 à 18°C pendant l'hiver et de 18 à 32,5°C pendant l'été. Au centre elles varient de 7 à 18°C et de 19,5 à 32°C respectivement. Pendant les mois de juin à août il ne pleut

pas et les mois de mai et septembre ne sont guère pluvieux. L'irrigation de vergers se pratique pendant 6-8 mois de l'année suivant les différentes régions. L'humidité relative s'élève la nuit et baisse durant la journée et demeure, généralement, entre 60-70 p. 100 de moyenne dans les différentes régions.

A. — COMPOSITION DE LA POPULATION

La composition de la population a été déterminée régulièrement (1-2 fois par mois) sur pêcher et prunier (à Mishmar David). Des échantillons de branches atteintes (12-15 branches longues de 20-30 cm) sont apportées et examinées au laboratoire sur les divers stades biologiques. La population du scolyte méditerranéen, tel qu'elle apparaît, est présente toute l'année à des stades divers (fig. 1). Le stade larvaire est le seul stade qu'on trouve pendant toute l'année, tandis que les autres stades manquent pendant certains mois. De novembre à fin janvier, on ne trouve pas de nymphes et il n'y a pratiquement pas d'adultes de décembre à février. La ponte commence de mars jusqu'à fin novembre. En résumé, la population varie comme suit : multiplication au printemps, en été et en automne, et réduction en hiver.

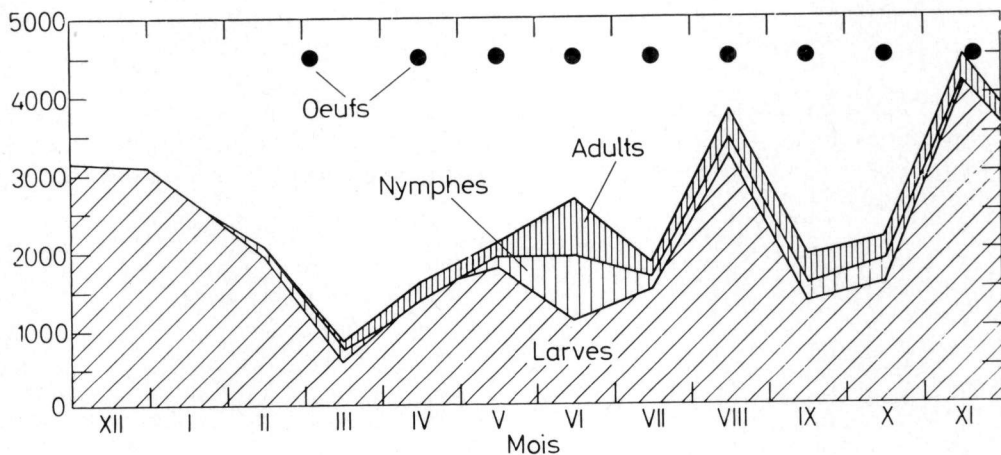


FIG. 1. — Composition de la population
(Mishmar-David 1965-66)

B. — CYCLE DES GÉNÉRATIONS

L'examen du cycle de diverses générations a été fait sur des branches contaminées soit dans la nature soit au laboratoire par des adultes provenant des premières et dernières sorties de chaque génération. Le cycle des générations progresse avec le temps et on compte jusqu'à 3-4 générations par an (fig. 2). Les premiers adultes des générations qui ont hiberné sortent dans la seconde moitié de février et début

mars et donnent naissance après avoir pénétré dans les branches, à la première génération. De mai à octobre, on distingue trois générations successives. Les générations hibernantes sont une partie de la troisième et presque la totalité de la quatrième. Une grande partie des œufs et des jeunes larves est endommagée par les intempéries et le reste hiberne à partir de la fin octobre.

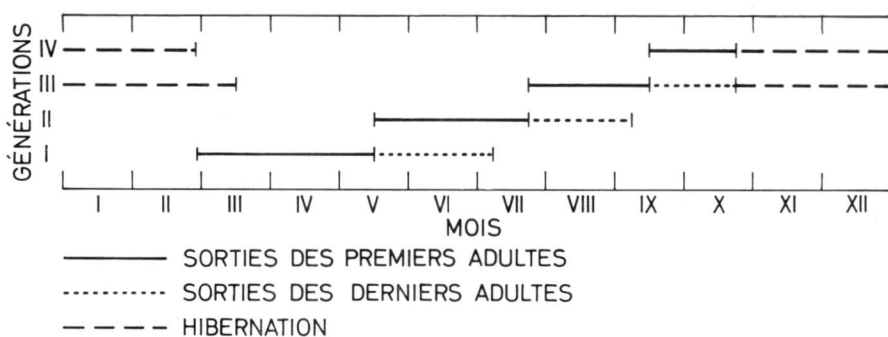


FIG. 2. — Cycle de diverses générations
 (de la pénétration à la sortie du premier et du dernier adulte)

C. — HIBERNATION DES LARVES

A partir du début de l'hiver et jusqu'à la fin de celui-ci, des branches avec des populations de larves hibernées, étaient maintenues à l'extérieur et apportées tous les quinze jours au laboratoire ($25^{\circ}\text{C} \pm 1$) pour y déterminer les dates de sortie des adultes (tabl. 1).

TABLEAU I

Branches avec larves en hibernation et la durée de sortie des adultes
 (5 branches pour chaque observation)

N°	Date du début de la temp. $25^{\circ}\text{C} \pm 1$	Début de sortie	Intervalle (jours)	Fin de sortie	Durée totale des sorties
1	15-11-67	18-12/20-12	33-35	26-1/1-2	72-78
2	1-12	1-1/8-1	31-38	3-2/9-2	64-70
3	15-12	3-1/6-1	19-22	5-2/10-2	52-57
4	1-1-68	20-1/24-1	19-23	23-2/28-2	53-58
5	15-1	5-2/9-2	21-25	6-3/13-3	50-57
6	1-2	19-2/22-2	18-21	27-3/29-3	54-56
7	15-2	8-3/13-3	21-26	8-4/10-4	52-54

En comparant les intervalles entre la mise à température de $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ et le début de sortie aux différents mois, il ressort que les intervalles sont plus grands pour les dates 15-II/I-12 (n° 1-2), qu'aux dates 15-I2/15-2 (n° 3-7). Il semble que les

conditions régnant en novembre-décembre ne sont pas au-deçà du seuil d'efficacité pour changer d'hibernation, mais elles atteignent ce seuil vers la fin décembre-début janvier. Des essais supplémentaires sont cependant nécessaires avant de tirer conclusions finales.

D. — INFLUENCE DES TEMPÉRATURES EXTRÊMES (ÉLEVÉES ET BASSES)

Des essais ont été effectués portant sur les différents degrés de températures extrêmes minimales et maximales. Le taux de mortalité des adultes (dans les branches et en dehors), des larves et des nymphes (dans les branches) a été observé en thermostat et l'influence de différents taux d'humidité sur les adultes dans un bain-marie. Les adultes ont été tenus dans un Erlenmayer plongés jusqu'au col dans l'eau contenant 10 p. 100, 32 p. 100 et 75 p. 100 d'humidité relative à l'aide des solutions salines de chlorure de zinc, chlorure de calcium et chlorure de sodium (PETERSON, 1953). Les examens du taux de mortalité sont faits après que les échantillons aient été placés pour 24 h dans des conditions d'une température déterminée (25°C).

Les scolytes adultes (en dehors des branches) sont sensibles aux températures extrêmes (tabl. 2) et une mortalité considérable se produit après un séjour de 3 heures à des températures de 35°C et 40°C. L'humidité relative exerce son influence et la mortalité à ces températures atteint presque 100 p. 100 à une humidité de 75 p. 100.

TABLEAU 2

*Influence des températures élevées à différents taux d'humidité sur les adultes
(2 expériences de 20 scolytes âgés d'un jour à chaque essai)*

Température (°C)	Humidité relative (%)	Pourcentage de scolytes morts après un séjour de	
		3 heures	5 heures
35	75	98	98
35	32	35	78
35	10	45	75
40	75	100	100
40	32	73	68
40	10	75	83

Un séjour court à des températures extrêmes (45°C et 50°C) et à une humidité élevée (75 p. 100) n'a pas causé une mortalité marquée des larves et adultes dans les branches. Tandis que la mortalité des adultes (en dehors) est grande les nymphes ne sont pratiquement pas atteintes (tabl. 3).

Les scolytes de différents stades sont généralement résistants à des températures basses (tabl. 4). A la température de -10°C la résistance diminue dans l'ordre suivant : nymphe, larve et adulte. A 1°C la mortalité des adultes, stade le plus sensible, a atteint 60 p. 100 après un séjour de 10 jours. A 10°C le taux de mortalité des larves et des adultes est bas et celui des nymphes est nul. Des examens approfondis de la ponte des œufs à basses températures n'ont pas été effectués.

TABLEAU 3

Taux de mortalité des différents stades aux températures élevées et humidité constante
(essais effectués dans les branches excepté le cas annoté aux remarques)

Temp. (°C)	H.R. (%)	Séjour (heures)	Adultes		Larves		Nymphes		Remarques
			morts (%)	effectif initial	morts (%)	effectif initial	morts (%)	effectif initial	
45	75	1	20	50	10	190	0	37	larves développées adultes en dehors larves développées
45	75	0,5	78	78	—	—	—	—	
50	75	1	22	158	18	121	0	33	

TABLEAU 4

Taux de mortalité des différents stades aux températures basses
(essais effectués dans les branches excepté le cas annoté aux remarques)

Temp. (°C)	Séjour (heures)	Adultes		Larves		Nymphes		Remarques
		effectif initial	morts (%)	effectif initial	morts (%)	effectif initial	morts (%)	
— 10 ± 1	24	102	53	117	28	—	—	larves développées
— 10 ± 1	48	48	100	127	35	74	3	— —
— 10 ± 1	72	—	—	235	85	38	26	— —
— 10 ± 1	24	228	79	—	—	—	—	adultes en dehors
— 10 ± 1	5	154	50	—	—	—	—	— —
— 5	48	25	28	180	6	20	10	larves développées
— 5	72	68	44	163	13	20	10	— —
1 ± 1	48	97	6	130	2	—	—	— —
1 ± 1	240	177	59	360	18	—	—	— —
1 ± 1	360	38	71	—	—	—	—	— —
1 ± 1	480	160	79	270	35	50	20	— —
1 ± 1	120	110	56	—	—	—	—	adultes en dehors
+ 10	1080	30	17	90	10	—	—	—

E. — TEMPÉRATURES DES BRANCHES AUX HEURES DIFFÉRENTES DE LA JOURNÉE

La température des branches a été examinée dans le verger (Bet Dagan) du côté sud et nord de l'arbre à l'aide d'un potentiomètre (à thermocouple cuivre-constantan). En même temps ont été mesurées : la température de l'air (à l'aide d'un thermomètre), l'humidité (à l'aide d'un psychromètre), et la vitesse du vent (à l'aide d'un anémomètre).

Des examens continus (effectués aux heures du jour) ont montré qu'il existe des différences entre la température de l'air et celle de l'intérieur des branches (fig. 3, 4). Bien que la branche serve d'isolant au cours des changements extrêmes de tempé-

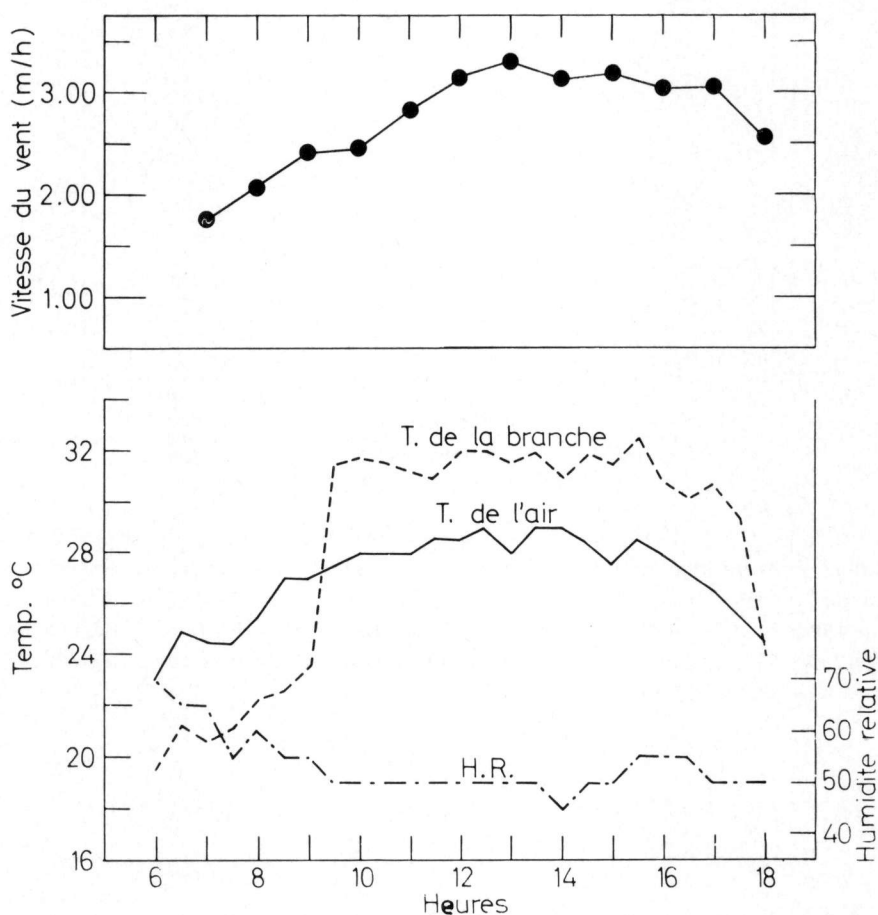


FIG. 3. — Données climatiques de l'arbre et de l'ambiance immédiate côté sud
(Verger de Beit Dagan, 14-7-1969)

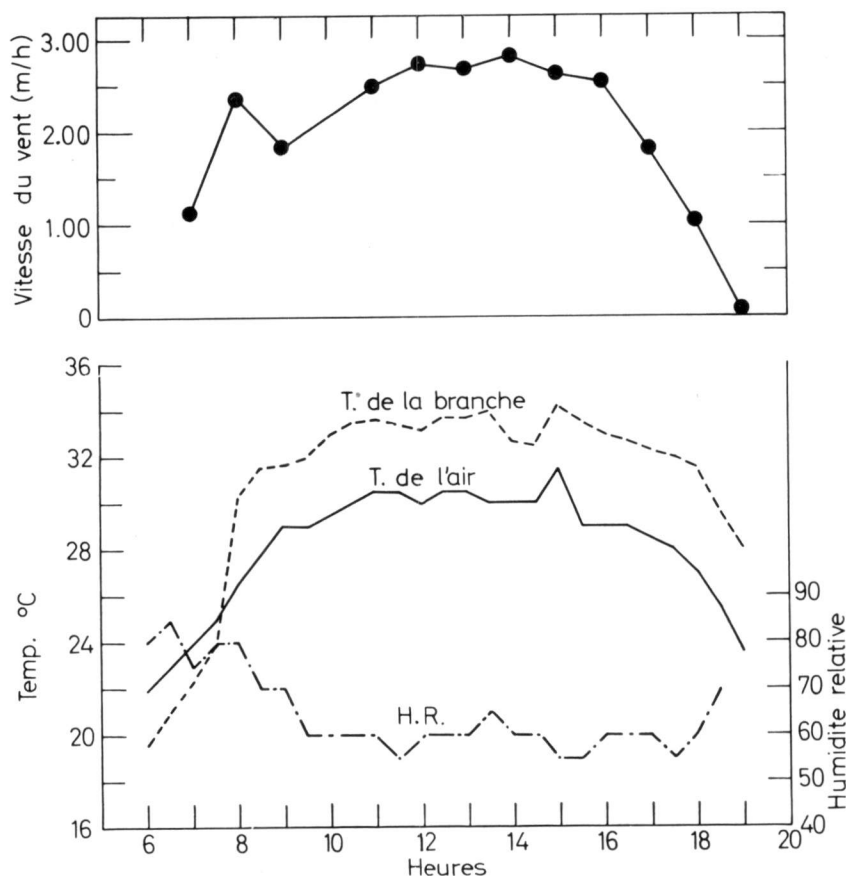


FIG. 4. — Données climatiques de l'arbre et de l'ambiance immédiate côté nord
(Verger de Beit Dagan, 21-7-1969)

rature, de grandes différences peuvent se produire lors d'une irradiation directe. Les examens ont montré que la plupart du temps la température à l'intérieur des branches est plus élevée que celle de l'air et ce n'est qu'aux heures matinales que la température de l'air est plus élevée que la température à l'intérieur des branches. Il convient de signaler que les examens du côté sud et du côté nord de l'arbre sont faits à des jours différents.

F. — TENEUR EN EAU (P. 100 DU POIDS SEC) DANS LES BRANCHES

Les branches attaquées (sans considérer le phénomène de la gomme qui est un problème à part) présentent des teneurs en eau extrême de 11,1 p. 100 de poids sec d'une part, et de celui de 41,5 p. 100 de poids sec d'autre part (tabl. 5). Dans les

TABLEAU 5

Teneur en eau (p. 100 de poids sec) *des branches atteintes et intactes*
(branches apportées de Mishmar David et Carmé Lachish au printemps et en été)

N°	Branches atteintes			Branches intactes	
	diamètre (mm)	pourcentage de poids sec	population	diamètre (mm)	pourcentage de poids sec
1	17	41,5	1 famille	19	33,0
2	18	35,8	peu d'adultes	17	34,9
3	19	33,7	peu de larves	18	32,0
4	16	30,5	peu d'adultes	19	39,5
5	14	12,3	5 familles	14	14,7
6	16	12,9	6 familles	14	26,0
7	17	20,8	4 familles	15	10,9
8	18	23,5	peu de larves	15	45,3
9	19	16,6	4 familles	16	9,5
10	20	18,6	3 familles	16	36,2
11	20	35,1	2 familles	17	21,8
12	23	38,6	4 familles	18	8,1
13	23	19,4	peu de larves	20	19,4
14	27	11,1	2 familles	20	45,0

TABLEAU 6

Branches atteintes par des scolytes dans des récipients d'eau
(température 24°C ± 1)

N°	Nombre de familles	Nombre de descendants	Premières sorties (jours)	Remarques
1	4	80	75	
2	2	0	0	Pas de développement à cause de la gomme
3	2	26	75	Branche atteinte par champi- gnons
4	1	4	80	Fort écoulement de gomme
5	1	0	0	Pas de développement à cause de la gomme

branches intactes l'humidité varie entre 8,1 p. 100 de poids sec et 45 p. 100 de poids sec. Dans ces limites, il n'a pas été possible de déterminer de relation entre l'humidité (p. 100 du poids sec) et la vulnérabilité des branches à cause des données insuffisantes pour permettre une analyse statistique. La teneur en eau (p. 100 du poids sec) a été déterminée à la température de 110°C (en dessiccateur) pendant 3 heures.

Quand on fait séjourner les branches atteintes et intactes avec leurs extrémités plongées dans l'eau, des retards considérables se produisent dans le développement de la population des scolytes et dans l'intensité de leurs attaques (tabl. 6, 7). Il apparaît que le facteur principal qui provoque ces retards est un fort écoulement de gomme. Des champignons attaquent à plusieurs reprises les scolytes (au laboratoire) tandis que dans des conditions naturelles nous n'avons pas constaté de dégâts sérieux causés par des champignons.

TABLEAU 7

Branches intactes qui ont séjourné avec les scolytes dans des récipients d'eau
(température 24°C $\pm$ 1)

N°	Nombre de couples	Nombre de familles	Nombre de descendants	Premières sorties (jours)	Remarques
1	5	0	0	0	Pas de développement à cause de la gomme
2	5	2	20	90	Écoulement de la gomme, la branche atteinte de champignons
3	5	0	0	0	Pas de développement à cause de la gomme
4	5	1	8	87	Écoulement de la gomme, la branche atteinte de champignons
5	5	0	0	0	Pas de développement à cause de la gomme

G. — INFLUENCE DE DIFFÉRENTS FACTEURS SUR LE VOL

Le vol dépend de l'âge du scolyte, de la température et de l'intensité de la lumière. Des adultes maintenus à des températures différentes dans un Erlenmayer de 500 ml plongés jusqu'au col dans un bain-marie à température contrôlée, ont réagi de manière différente au vol (fig. 5). On a fait 5 examens en 3 h 3/4, sur 10 adultes émergents d'un jour et 10 âgés de 3-4 jours qu'on a sorti des galeries. Chaque examen a duré 15 minutes suivi d'une pause de 30 mn.

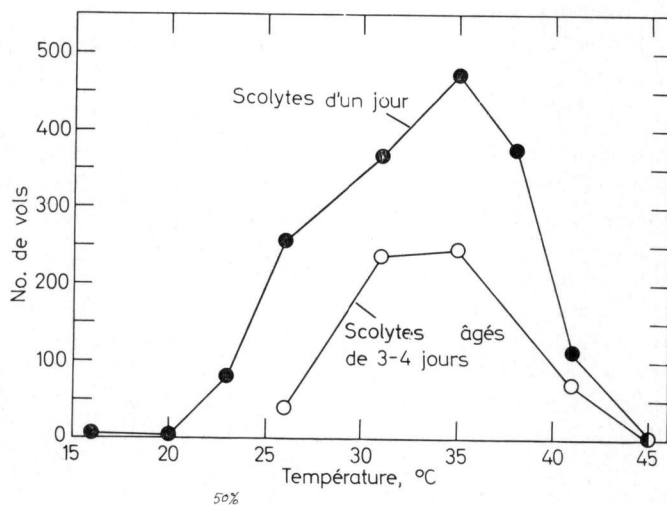


FIG. 5. — Vols de dix scolytes d'un jour
et de dix scolytes âgés de 3-4 jours à différentes températures
et à l'intensité de 50 lux

(dans un Erlenmayer plongé au bain-marie)

TABLEAU 8

Vol de dix scolytes âgés d'un jour sous diverses intensités
de la lumière à température de 27-30°C

(5 expériences de 15 minutes avec 30 minutes d'interruption)

Source lumineuse	Intensité lumineuse (lux)	Nombre de vols		
		moyenne ⁽¹⁾	min.	max.
Lumière artificielle	20	112,0 ^a	93	138
—	30	110,2 ^a	98	128
—	135	167,2 ^{ab}	131	213
—	180	209,2 ^{ab}	192	223
—	640	166,6 ^{ab}	131	213
—	1 040	249,6 ^b	219	281
—	22 000	241,6 ^{ab}	67	415
— solaire	54 000	158,0 ^{ab}	106	235

⁽¹⁾ Moyennes non suivies de la même lettre sont significativement différentes d'après le test de Duncan, à 1 p. 100 de probabilité.

La réaction est analysée comme suit :

- a) Vol normal : efficace après réaction rapide ;
- b) Vol moyen : réaction lente et vol plus lent ;
- c) Vol faible : les adultes se sont posés et le mouvement des ailes cause un vol court ;
- d) Vol nul : réaction faible et ailes étendues.

On constate chez les adultes d'un jour, un vol normal entre 26 et 38°C. A 23 et 41°C le vol est faible et la mortalité des adultes à 41°C est élevée. Des scolytes d'un jour ont réagi plus efficacement que les scolytes âgés de 3-4 jours qui ont réagi par un vol moyen entre 31 et 35°C.

A la lumière artificielle, entre 20 et 22 000 lux, la fréquence du vol augmente et varie proportionnellement à l'intensité de la lumière (tabl. 8). Il faut signaler qu'à faible intensité (20 lux) il y a un vol marqué (112 vols pour 10 adultes). A la lumière naturelle (soleil), ayant une intensité de 54 000 lux, on constate une diminution des vols par rapport à la lumière artificielle (22 000 lux). L'observation à la lumière naturelle étant isolée, on ne peut en tirer des conclusions formelles.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Des données sur la dynamique de la population, il ressort que l'essaimage des générations hibernantes se poursuit longtemps, près de trois mois, du début du printemps au commencement de l'été, bien que la population de larves soit, en général, uniforme en fin d'hiver (larves de dernier stade). A mesure que les conditions deviennent plus favorables, les sorties sont plus intenses, et lorsque les températures baissent, les sorties journalières diminuent également. Une période prolongée de températures favorables cause un essaimage plus concentré et des dégâts plus importants.

La présence d'arbres pouvant servir d'hôtes en quantité suffisante et d'intenses concentrations de scolytes attaquants forment les facteurs primordiaux de la dynamique des populations. Ce problème semble particulièrement ardu dans l'étude du scolyte méditerranéen. La nature d'une population d'insectes trouvant leur nourriture sous l'écorce est moins facilement prévisible que celle de tout autre groupe écologique d'insectes.

Dans de nombreux cas, il est difficile de calculer le rapport numérique entre la progéniture et les arbres attaqués et l'on ne peut procéder à une comparaison statistique. HENSON (1960) précisait que les scolytes sont indirectement influencés par les différents éléments qui exercent leur rôle sur l'hôte et au point de vue dynamique de la population nous avons à considérer que les scolytes et leur hôte, forment un ensemble.

Des données obtenues dans notre étude, il a été prouvé que les larves constituent la plus grande partie de la population, durant tous les mois de l'année. Cependant, nous devons prendre en ligne de compte qu'il nous manque l'information nécessaire sur le vol des scolytes.

La grande différence entre le nombre des individus adultes et celui des larves

dans la composition de la population, provient du manque d'information sur le caractère de la dispersion des scolytes et leur mortalité pendant le vol. Ainsi donc, le nombre d'adultes n'a une valeur absolue, que lorsque nous les dénombrons au cours de l'examen des branches.

La modalité des cycles de générations est effectuée d'un adulte qui pénètre jusqu'à la sortie du premier adulte, et d'un adulte pénétrant jusqu'à la sortie du dernier adulte, selon l'exemple de BODENHEIMER (1951), qui détermine les hyperboles du cycle des générations annuelles de différents ravageurs d'agrumes, de l'œuf jusqu'à la ponte d'un premier œuf, et de l'œuf jusqu'à la sortie d'un premier adulte. Les premiers scolytes adultes de chaque génération, forment le plus grand nombre de générations, tandis que les derniers adultes d'une génération ne produisent qu'un nombre plus réduit de générations — 4 générations dans le premier cas contre 3 générations seulement dans le second. Il y a lieu de remarquer que BODENHEIMER (1951) détermine aussi une hyperbole de l'œuf jusqu'à la ponte de la moitié des œufs, et cette courbe a une valeur épidémiologique. Le chevauchement des générations de scolyte méditerranéen est important par suite de la grande différence entre la durée de la génération la plus courte et de la génération la plus longue (la sortie des premiers et derniers adultes de chaque génération).

L'examen des larves hibernantes montre que le processus d'hibernation est constant, et la sortie des adultes est graduelle. Elle en est d'autant plus tardive que les températures sont plus basses. Selon SHELFORD (1929), la sortie des adultes après une période de quiescence exige une température et une humidité élevées. WAY (1962), signale que les espèces vivant dans un milieu protégé des températures extrêmes, entrent en quiescence dans la saison froide et reprennent activité quand la température dépasse un seuil d'action. De cette manière, leur survie est assurée quand les conditions extérieures sont défavorables. La période de quiescence est influencée par deux facteurs : le facteur thermique et le facteur trophique, qui peuvent évoluer avec la saison. SCHVESTER (1957) indique que la sortie d'adultes de *R. rugulosus* des larves prises au début de l'hiver a lieu après 40-60 jours tandis que des larves prises en fin d'hiver sortent après 15 jours. Dans notre espèce, les dates de sortie sont après 18-21 et 31-33 jours respectivement. La différence serait due à la période de quiescence des premières larves. NGUYEN-THANH-XUAN (communication personnelle) est de l'avis qu'il y a lieu de croire dans notre espèce à une vraie diapause, tandis que CHODJAI (1963) estime que c'est une pseudo-diapause. Des recherches supplémentaires auront lieu à l'avenir.

Les facteurs qui influent sur la durée du développement des populations du scolyte méditerranéen sont dus aux conditions climatiques. Les températures élevées accroissent le rythme du développement, augmentent le nombre des générations et accélèrent leur activité. Ces températures sont à la source d'essaimage de scolytes en plus fortes concentrations. L'activité des insectes dans l'arbre devient plus intense. Des arbres supplémentaires, généralement moins sensibles aux attaques des scolytes, sont attaqués.

D'après ASHBEL (1967) des températures de 35°C et 40°C règnent en Israël dans la plupart des régions pendant 11 à 32 heures au cours de l'année ; ce n'est que dans la région du Houlé, au nord du pays, qu'on arrive jusqu'à environ 290 heures. Dans cette région on a enregistré également des températures entre 45°C à 50°C à une fréquence de 1 à 6 heures au cours de l'année. Les températures extrêmes n'en-

traînent qu'une mortalité assez basse chez les adultes qui se trouvent pendant un court temps à l'intérieur des branches. Il est à présumer que la plupart des scolytes dans ces conditions ne se trouvent pas en dehors et s'abritent sous l'écorce qui les défend contre les conditions extrêmes.

Les températures basses qui prévalent en hiver freinent l'activité des scolytes et ne causent qu'une mortalité faible. Le séjour pendant 48 heures à des températures de 1°C et de -5°C a occasionné une mortalité relativement basse. Ces conditions climatiques se présentent rarement (ASHBEL, 1967) en Israël aux mois de décembre-mars, saison à laquelle on trouve larves et nymphes, mais presque pas d'adultes. Il convient de signaler que les larves sont plus résistantes que les adultes aux températures basses et les nymphes sont plus résistantes que les larves. Une température de -10°C qui frappe surtout les adultes et moins les autres stades, ne s'observe pas en Israël.

La température de l'arbre et de son ambiance extérieure est d'une grande importance pour le développement et pour l'activité de la population du scolyte méditerranéen. Le premier influe sur tous les stades qui sont cachés dans les branches, la dernière surtout sur le stade d'adulte qui se trouve en dehors.

En temps de grande sécheresse, la branche sert de régulateur entre sa température et la température de l'air. Le pouvoir isolant de l'écorce sert à défendre les descendants contre les températures critiques. POWELL (1967) établit que la température sous l'écorce atteint 35°C et plus lorsque la température de l'air dépasse 30°C. Chez nous aussi le maximum de température dans la journée dépasse de 4,5°C celle de l'air.

Une grande importance pour la vitalité des scolytes aux températures extrêmes est due à l'humidité relative qui influe sur l'échange hydrique entre l'insecte et son ambiance. IABLOKOFF (1947) a montré qu'il existe un équilibre hygrostatique entre l'humidité relative de l'air et l'humidité de l'arbre. La paroi de l'écorce d'une épaisseur de 10 mm du côté du soleil (y compris l'aubier) et de 20 mm à l'ombre, contient 25 p. 100 et plus d'humidité dans les arbres abattus tandis que l'humidité relative de l'air est de 90 p. 100 à 92 p. 100.

On n'aperçoit presque aucune différence de vulnérabilité entre les branches d'une teneur en eau (p. 100 du poids sec) élevée ou basse. La pénétration des scolytes dans les branches survient aussi bien à l'humidité élevée que basse (41,5 p. 100 et 11 p. 100 de poids sec). Bien souvent nous avons pu trouver, sur le même arbre, des populations d'âge différent et se trouvant à des stades divers de développement. Cet état de choses a pour cause des attaques réitérées de scolytes dirigées vers le même arbre. D'après JOHNSON (1967) le développement du *Dendroctonus pseudotsugae* s'est produit surtout dans les branches dont la teneur en eau est de 50 p. 100 de poids sec.

Quand l'humidité est élevée et que les arbres sont saturés d'eau, un ralentissement du développement se produit par suite d'un fort afflux de la gomme des arbres qui cause le refoulement des scolytes attaquants et la mort des larves dans les galeries. VITÉ (1961) a montré que sur *Pinus ponderosa* les arbres qui sont irrigués de temps en temps ont été attaqués par différentes espèces de scolytes malgré le fait que leur sensibilité à l'attaque soit diminuée par suite d'écoulement de résine. L'écoulement de la gomme de l'arbre et sa quantité conditionnent la sensibilité ou la résistance de l'arbre aux attaques des scolytes.

Des températures extrêmement hautes ou basses, handicapent le développement de la population. Une forte humidité de l'écorce a pour conséquence une mortalité accrue des adultes et des larves, due aux gommages qui se forment.

Le premier vol des adultes a lieu quelques heures après la sortie, probablement après accouplement. Des scolytes d'un jour réagissent au vol plus efficacement que des scolytes plus âgés. Il paraît que dans cette espèce il y ait autolyse et renouvellement des muscles de vol, signalés chez *Ips confusus* (ATTKINS et FARRIS, 1962). JOHNSON (1966) estime que le vol des *Ips* et *Dendroctonus* spp. est fonction de facteurs phototactiques et hypsotactiques, et peut être dirigé vers des buts lointains difficiles à distinguer. Ils volent horizontalement au-dessus des cimes des arbres et s'éloignent du soleil (ce dernier phénomène, nous l'avons distingué dans nos essais) en direction de silhouettes foncées sur lesquelles ils se posent et commencent à forer les galeries, à ce moment leurs muscles de vol dégénèrent. Il en résulte que des adultes qui vivent longtemps ne volent que peu de temps, à la saison favorable au point de vue température et humidité.

Reçu pour publication en septembre 1975.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE SCOLYTIDAE.

II. — POPULATION DYNAMICS OF SCOLYTUS

(RUGULOSCOLYTUS) MEDITERRANEUS EGGERS IN ISRAEL

The main influencing factors of massive infestation are the following : great number of sensitive trees, large beetle populations and favourable climatic conditions. *Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus* EGGERS exists in its various stages the whole year around and produces 3-4 generations a year. In the wake of increasing adult population in spring, there is continued egg laying until the beginning of winter. Larval population is maintained at a high level during the year and there are large adult populations in different seasons from spring till the beginning of winter. In the course of winter no adults exist but hibernating larvae are numerous. The density of this population depends on the number of larvae which have attained hibernation and on different mortality factors exerting their influence on developing generations and their amplitude. Mortality in hot and dry years is lower than in rainy and humid ones. Climatic conditions are primordial factors concerning population development in both its phases (beneath tree bark and outdoors) and host sensibility to beetle attacks.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASHBEL D., 1967. Frequencies of temperature thresholds (hours per month) and max. min. graphs. Hebrew Univ. Jerusalem, 17 p.
- ATTKINS M. D., FARRIS S. H., 1962. A contribution to the knowledge of flight muscle changes in the Scolytidae. *Can. Entomol.*, **94**, 25-31.
- BODENHEIMER F. S., 1951. *Citrus entomology*. W. Junk Pub. The Hague, 663 p.
- CHARARAS C., 1959. Relations entre la pression osmotique et le rôle de la plante-hôte à l'égard des Coléoptères. *Scolytidae*. *C. R. Ac. Sc.*, **249**, 2109-2111.
- CHODJAI M., 1963. Étude écologique de *Ruguloscolytus mediterraneus* EGGERS (Col. Scolytidae) en Iran. *Rev. Pathol. Veg. Entomol. agr. Fr.*, **42**, 139-160.

L'INCIDENCE DES MIGRATIONS D'ADULTES SUR LE DEGRÉ ET SUR LA VARIABILITÉ STRUCTURALE DE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ GÉNÉTIQUE DANS LES POPULATIONS NATURELLES DE LÉPIDOPTÈRES *NOCTUIDAE*

S. POITOUT et R. BUES

Station de Zoologie,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140, Montfavet

RÉSUMÉ

Chez les populations de Lépidoptères *Noctuidae*, il paraît possible de montrer l'existence de relations entre le comportement et certaines caractéristiques de l'hétérogénéité (importance et variations structurales dans l'espace).

Des travaux réalisés sur plusieurs espèces, typiquement sédentaires, typiquement migrantes, ou de comportement intermédiaire, viennent à l'appui des thèses exposées. Notamment les résultats des études entreprises sur diverses populations de *Mamestra brassicae* L. (espèce sédentaire) et de *Noctua pronuba* L. (espèce migrante non typique) sont présentés. Pour la première espèce, les travaux ont trait aux variations du caractère diapause estivale d'une population à l'autre. Pour la seconde, les résultats concernent d'une part le déterminisme génétique du polymorphisme pigmentaire des adultes, d'autre part les modifications de structure de ce polymorphisme en fonction de l'origine géographique des populations.

Il est conclu que chez les espèces migrantes il doit exister une hétérogénéité élevée et identique sur la plus grande partie de leur aire de répartition. Chez les espèces sédentaires l'hétérogénéité au sein d'une population devrait être relativement moins importante, des différences de structure apparaissant nettement entre populations de plusieurs origines. Monovoltine et à migrations vraisemblablement restreintes, *N. pronuba* L. paraît être un cas intermédiaire. L'influence limitée du mouvement migratoire sur la dispersion des adultes, dans l'aire de répartition de cette dernière espèce, peut être à l'origine des différences de structure du polymorphisme pigmentaire observées en comparant des populations provenant de différentes zones.

L'étude des Lépidoptères *Noctuidae* doit permettre de voir comment des comportements de populations d'insectes peuvent influencer sur le degré et les variations structurales de l'hétérogénéité de ces mêmes populations, si l'on compare des peuplements d'origine géographique différente.

Chez les *Noctuidae* nous pouvons distinguer deux types d'espèces, sans pour cela exclure la présence de types intermédiaires (CAYROL, POITOUT et ANGLADE, 1974).

D'une part les espèces sédentaires, dont les papillons ne font que des déplacements limités et qui sont physiologiquement équipées pour subir toutes les conditions, même les plus rigoureuses, de la zone où elles vivent.

D'autre part les espèces dites migrantes, dont les papillons sont susceptibles d'effectuer des vols de migration orientés de grande amplitude (de l'ordre du millier de kilomètres et plus) et qui échappent ainsi au gré des saisons tantôt aux conditions estivales, tantôt aux conditions hivernales auxquelles elles ne pourraient survivre. Très schématiquement ces espèces migrantes quittent l'Afrique et les régions méditerranéennes pour aller vers le nord au printemps, et effectuent un mouvement inverse en automne avec au moins deux générations au cours de cette migration.

A priori, on peut s'attendre à rencontrer chez les populations d'espèces sédentaires le degré d'hétérogénéité le moins élevé en raison du confinement des populations à des territoires limités présentant des caractéristiques écologiques relativement homogènes. Inversement, l'existence d'un degré important d'hétérogénéité peut être supposée chez les espèces migrantes du fait d'une part, de la diversité des conditions où elles se développent et d'autre part, de l'ampleur du brassage des populations de diverses origines réalisé au cours des différentes migrations.

Il doit en résulter, pour des populations de provenances géographiques diverses, si l'on tient compte à la fois des différences de structure et de l'importance de l'hétérogénéité, une caractérisation spécifique selon l'appartenance de l'espèce considérée au type sédentaire ou au type migrant. Les différentes populations des espèces sédentaires, chacune d'entre elles étant relativement homogène, doivent présenter des structures génétiques différentes. Par contre, chez les espèces migrantes, il doit exister, quelles que soient les populations étudiées, un degré d'hétérogénéité, notamment physiologique, important et relativement constant.

Nos travaux de base ont porté depuis une dizaine d'années sur les études écologiques, écophysiologiques et de comportement migratoire (CAYROL, PORTOUT et ANGLADE, 1974), ceci sur une quinzaine d'espèces de Lépidoptères *Noctuidae*. Effectivement, dans un premier temps, il nous a fallu apporter la preuve de ces mouvements migratoires et étudier leurs caractéristiques, notamment dans les sites préférentiels que représentent les cols de haute montagne où le phénomène de migration apparaît sans équivoque (PORTOUT *et al.*, 1974). Quelques-uns de nos travaux effectués sur des espèces sédentaires, migrantes, ou de comportement moins typique, permettent d'ores et déjà d'apporter des éléments de réponse au problème tel qu'il est envisagé.

I. — ESPÈCES SÉDENTAIRES

Une espèce sédentaire typique est *Mamestra brassicae* L. Au stade chrysalide elle est susceptible de présenter soit une diapause hivernale (chenilles élevées sous éclaircissement de moins de 14 heures à toutes températures), soit une diapause estivale (chenilles élevées sous éclaircissement de 16 heures et plus à des températures supérieures à 20°C). Il a été fait état du premier des deux phénomènes au cours de nombreux travaux (WAY, SMITH et HOPKINS, 1951 ; UCHIDA et MASAKI, 1954 ; OTUKA et SANTA,

1956 ; BONNEMAISON, 1959) tandis que le second, mis en évidence d'abord au Japon (MASAKI, 1956) puis dans des populations européennes (POITOUT et BUES, 1973), a été moins étudié. Nous avons montré ⁽¹⁾ que la diapause estivale était bien un caractère génétique. Différents résultats, obtenus lors de la sélection de lignées de *M. brassicae* présentant ou ne présentant pas ce caractère, permettent de penser que le déterminisme de cette diapause est complexe, donc de type polygénique, comme il l'a été par ailleurs observé pour la diapause de plusieurs insectes dont un Lépidoptère *Pectinophora gossypiella* SAUND (BARRY et ADKISSON, 1966) et un Diptère *Aedes caspius* ⁽²⁾ PAL. Cependant, chez *M. brassicae*, à la lumière de résultats que nous publierons ultérieurement et, sans que nous l'ayons encore totalement démontré, il semble que des gènes majeurs puissent intervenir. Dans des conditions très favorables à la manifestation de la diapause estivale (25°C et 18 heures d'éclairement), des populations de plusieurs origines géographiques présentent une répartition différente entre insectes manifestant ou ne manifestant pas l'état de diapause (fig. 1). Le classement des populations selon l'importance du pourcentage de chrysalides présentant une diapause (Ardèche, Basse-Vallée du Rhône, Charente : 100 p. 100 ; Rennes : 89 p. 100 ; Alpes de Savoie : 57 p. 100 ; Zurich : 38 p. 100) apparaît identique à celui que l'on peut faire en tenant compte des conditions thermiques moyennes estivales ainsi que de la pluviométrie dans les différents lieux de provenance.

Les conditions naturelles sont moins inductrices que les conditions du laboratoire sous lesquelles ces populations ont été exposées. En conséquence, dans la nature, quelle que soit l'origine des populations, bon nombre d'insectes se développent sans manifester une diapause estivale à l'état de chrysalide. Pour des populations de provenances situées à des latitudes suffisamment éloignées les unes des autres, MASAKI et SAKAI (1965) ont montré au Japon que ce caractère apparaît nettement être une adaptation aux conditions locales.

Pour les populations ici examinées il est plus délicat de saisir les avantages pour l'espèce de la présence de cette diapause estivale. Toutefois nous avons constaté les effets néfastes des températures estivales intervenant, directement ou indirectement par le biais du végétal, sur le développement de l'insecte, surtout au cours des premiers stades larvaires. Quoi qu'il en soit, cette diversification s'avère être un bon moyen de sauvegarde permettant à l'insecte d'utiliser au mieux la végétation disponible (alimentation principalement à base de Crucifères) qui s'appauvrit d'autant plus au cours de l'été que celui-ci est plus sec. Selon que les chrysalides ont une diapause ou non, il se constitue donc deux groupes d'individus dans les conditions naturelles. Mais nous n'assistons pas pour autant à la création de deux biotypes se reproduisant isolément. La diapause hivernale, obligatoire pour tous les individus, permet un regroupement du pool génétique de l'espèce au printemps. En conséquence, le dispositif écophysiologique représenté par l'ensemble des deux diapauses intervient dans le sens du maintien de l'hétérogénéité génétique. Plus généralement, il apparaît de plus en plus que l'hétérogénéité doit subsister dans les populations, car en dépendent les potentialités de l'espèce, surtout lorsque celle-ci est exposée aux interactions de facteurs de son milieu naturel (BOESIGER, 1965 ; DOBZHANSKY et BOESIGER, 1968 ; MAYR, 1974).

(1) Non publié.

(2) Communication personnelle de E. BOESIGER.

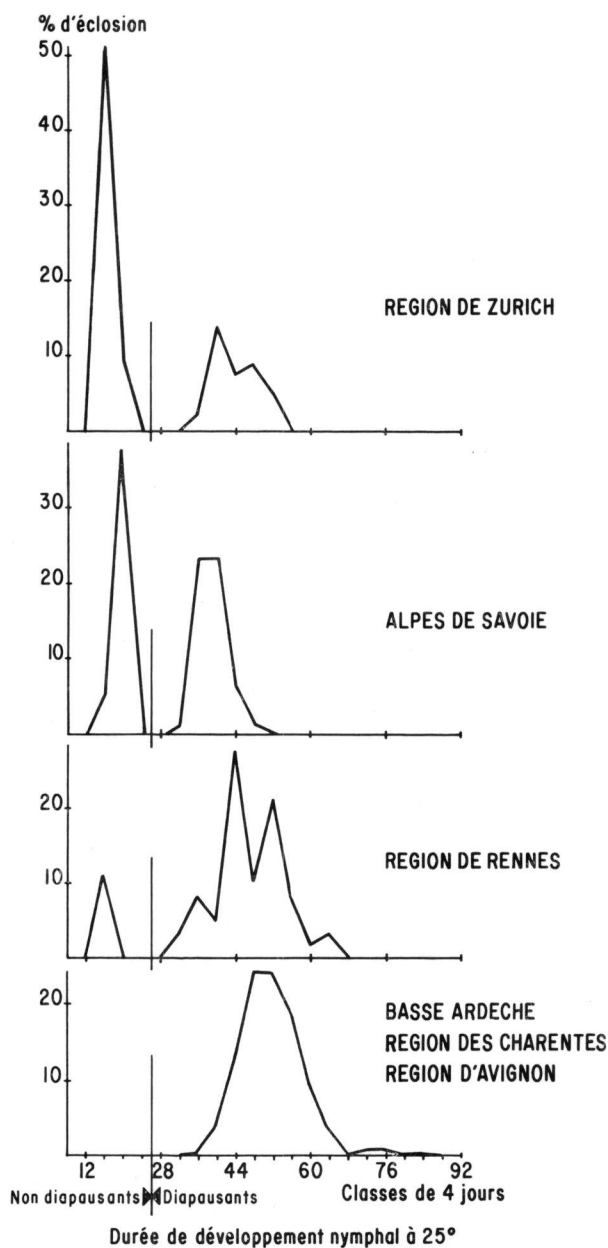


FIG. 1. — Variation de la fréquence de manifestation de l'état de diapause estivale, entre plusieurs populations de *M. brassicae* d'origines géographiques différentes exposées à 25°C et à une durée d'éclairement de 18 heures.

En définitive nos travaux sur *M. brassicae* (en cours de publication) nous ont permis de mettre en évidence, sur le caractère diapause estivale, des races géographiques différentes dans des régions bien caractérisées par leurs différences climatiques.

Nous avons montré (PORTOUT et BUES, 1973) qu'il existait aussi, toujours en considérant le caractère diapause estivale, des écotypes différents chez une autre espèce sédentaire, *Mamestra oleracea* L.

Plus généralement, la caractérisation d'écotypes chez les *Noctuidae* sédentaires (*Scotia exclamationis* L., *Amathes c-nigrum* L., *Gortina xanthenes* GERM.) sera probablement réalisable, comme cela avait d'ailleurs été supposé par CAYROL (1972).

II. — ESPÈCES MIGRANTES TYPIQUES

Nous n'avons pas encore étudié des cas d'hétérogénéité dans les populations naturelles d'espèces migrantes typiques. On peut toutefois supposer qu'il existe chez celles-ci un fardeau génétique important, car il est difficile de les maintenir en élevage si un degré trop poussé d'inbreeding est réalisé. Nous l'avons observé en particulier chez *Scotia ipsilon* HFN., *Peridroma saucia* HB., *Spodoptera exigua* HB., *Helicoverpa armigera* HB. (PORTOUT, 1969, 1971).

De plus, leur polyphagie, la variété des conditions qu'elles peuvent rencontrer annuellement au cours des générations réalisées dans l'espace du fait de leur migration, sont des arguments en faveur d'un degré élevé d'hétérogénéité surtout sur le plan physiologique. D'ailleurs, le brassage des populations d'adultes opéré grâce au phénomène migratoire, doit être un facteur prépondérant intervenant dans le maintien d'une telle hétérogénéité. A ce sujet, HARDWICK (1965) indique chez les *Noctuidae* du genre *Helicoverpa* que, d'une part les peuplements insulaires semblent mieux résister à l'inbreeding, d'autre part ils présentent des signes évidents de diminution de potentialités par rapport aux populations continentales. Pour notre part nous avons noté que parmi les espèces étudiées, les taux de multiplication les plus élevés devaient être attribués à des espèces migrantes. Ceci s'intègre parfaitement bien aux idées émises par MAYR (1974) en ce qui concerne l'influence de la sélection naturelle au sein des populations comportant des individus génétiquement équipés pour un degré de mobilité plus ou moins élevé. En réponse à une surpopulation, les individus susceptibles de migrer se trouvent avantagés. La sélection naturelle n'interviendra donc pas pour ceux-ci dans le sens d'un abaissement du taux de multiplication. Au contraire, celui-ci devient désormais un avantage pour l'espèce car, du fait de leur comportement migratoire, une mortalité plus importante peut intervenir chez les adultes avant qu'ils puissent se reproduire.

Pour établir l'homogénéité ⁽¹⁾ de structure des peuplements des espèces de type migrant il conviendrait de comparer systématiquement, dans des conditions rigoureusement contrôlées, les réactions respectives d'un assez grand nombre de populations d'origines diverses. Cette étude pourrait se réaliser à partir de critères

⁽¹⁾ L'homogénéité de structure d'un peuplement n'est pas incompatible avec l'hétérogénéité génétique à l'intérieur du peuplement.

tels que la résistance au froid à un stade donné, ou bien le cours du développement et sa durée en fonction de divers types d'interactions température $\times$ durée d'éclairement. Une telle étude reste à faire et demandera un temps assez long.

III. — CAS D'UNE ESPÈCE MIGRANTE NON TYPIQUE

Nous avons réalisé une étude assez approfondie d'une espèce migrante assez particulière : *Noctua pronuba* L. Les résultats obtenus paraissent dans leur ensemble confirmer les hypothèses émises *a priori*. Cette espèce est monovoltine. Le développement larvaire est hivernal, l'éclosion des papillons s'effectue en avril, mai ou juin selon les régions. La ponte et l'accouplement des adultes ne peuvent avoir lieu que lorsque les jours deviennent suffisamment courts, à partir de la deuxième quinzaine d'août. Il y a donc estivation des papillons dans un état de pseudo-diapause. Les résultats obtenus en écophysiologie ont montré que les migrations de papillons de cette espèce étaient une nécessité, tout au moins dans toutes les régions à été chaud. Les études écologiques, principalement celles effectuées dans les cols de haute montagne, ont apporté la preuve de leur existence.

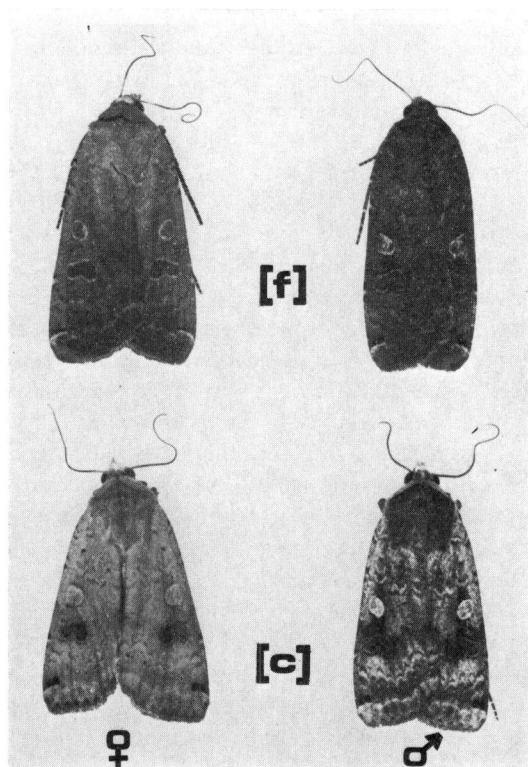


FIG. 2. — Dimorphisme sexuel pigmentaire des individus marron foncé [f] et fauve clair [c] de *Noctua pronuba*

Pour la totalité ou une partie de la population, selon les régions, on peut dire avec certitude que la recherche de zones fraîches, convenant à l'estivation, entraîne des migrations vers le nord qui seraient (d'après nos connaissances actuelles) d'une amplitude relativement faible. En effet les papillons éclos en France dans les régions méditerranéennes peuvent trouver en altitude des lieux, favorables à leur estivation, relativement peu éloignés de leur zone d'origine (par contre les papillons éclos dans des régions méridionales, ou sud-méditerranéennes sans reliefs importants doivent effectuer des migrations de beaucoup plus grande amplitude).

Le vol inverse nord-sud a lieu à partir du mois d'août et pendant toute la période automnale ; il est intense et vraisemblablement de plus grande amplitude que le précédent.

L'observation et l'expérimentation prouvent cependant sans équivoque qu'il s'agit là d'un comportement migratoire. Le mouvement est bien caractérisé en direction, vitesse de vol et nombres d'insectes (les nuits ne sont pas rares où, par piège situé dans un col, il fut observé des captures de l'ordre de 2 000 individus ; plus exceptionnellement ce chiffre a pu atteindre 10 à 15 000).

Il existe dans les populations naturelles de papillons un polymorphisme pigmentaire défini par la coloration des ailes antérieures : individus marrons foncé [*f*], individus gris [*g*], individus fauve clair [*c*]. A celui-ci vient se superposer un dimorphisme sexuel pigmentaire (fig. 2).

Les études de disjonction conduites au laboratoire au cours de deux et parfois trois générations successives ont montré que ces formes sont déterminées par les trois allèles d'un même gène, *f* dominant *g* et *c*, *g* dominant *c* (tabl. 1) ⁽¹⁾. Lors de ce travail nous avons aussi obtenu les différents cas où la *F*₁ est composée d'un phénotype unique ; c'est évidemment toujours le cas lorsque mâle et femelle sont du phénotype [*c*]. Il est à noter que sur 16 croisements [*g*] × [*c*] aucun phénotype [*g*] ne s'est montré être de génotype *gg* ; celui-ci apparaît donc comme relativement rare dans les populations.

Exceptée la femelle [*f*], les différents types sont figurés dans l'ouvrage de FORSTER et WOHLFAHRT sur les *Noctuidae* européennes (1963).

Nous connaissons la structure phénotypique de populations capturées au piège lumineux en divers endroits et au cours de plusieurs années. Les résultats actuellement en notre possession la montrent stable dans les différentes zones de prélèvement, quelle que soit l'année (tabl. 2) et l'époque de capture (tabl. 3). Qu'elles soient originaires de plaines ou de régions montagneuses, ces populations soumises au phénomène migratoire sont vraisemblablement constituées d'individus d'origines variées ; nous sommes donc en présence de populations de constitution phénotypique moyenne. Le regroupement de résultats obtenus en différents lieux et, au cours des différentes années indiquées, a été précédé des calculs statistiques (calcul du χ^2) montrant leur homogénéité. Il apparaît (tabl. 4) des différences significatives (seuil 5 p. 100 du χ^2) entre les structures des différentes populations étudiées (fig. 3). Dans le sud-ouest de la France, les phénotypes [*f*] et [*g*] sont plus nombreux en montagne qu'en plaine. Par rapport au polymorphisme des populations capturées dans le sud-ouest, celui

⁽¹⁾ Dans le tableau 1 il est donné, pour chaque type de croisement phénotypique, les résultats groupés de plusieurs familles. Le regroupement des résultats en chiffres globaux est justifié car nous nous sommes assurés que les répartitions entre phénotypes au sein de chaque famille sont proches des fréquences mendéliennes.

des populations du sud-est présente une diminution du phénotype $[c]$. Dans cette dernière zone géographique, les populations originaires de l'ensemble régional basse vallée du Rhône-Ventoux et les populations capturées dans les Alpes de Savoie se distinguent par des proportions différentes en individus $[f]$ et $[g]$. Les fluctuations du polymorphisme selon les lieux d'échantillonnage devraient trouver leur explication par les modifications des avantages sélectifs que peuvent avoir les formes les unes par rapport aux autres lorsque l'on passe d'un type de milieu à un autre. Par exemple, il se pourrait que les hétérozygotes d'un phénotype donné, ceux-ci nombreux parmi les papillons $[f]$ et $[g]$, soient plus favorisés dans certains types de milieu que dans certains autres.

TABLEAU I

Résultats obtenus lors de l'étude des disjonctions

Croisements phénotypiques ou $\begin{smallmatrix} \text{♂} \times \text{♀} \\ \text{♀} \times \text{♂} \end{smallmatrix}$	Nombre de résultats totalisés ⁽¹⁾	Composition phénotypique de la F ₁			Hypothèses ⁽²⁾ génomiques ou $\begin{smallmatrix} \text{♂} \times \text{♀} \\ \text{♀} \times \text{♂} \end{smallmatrix}$
		$[c]$	$[f]$	$[g]$	
$[g] \times [g]$	15	139 ⁽³⁾ (26,4) ⁽⁴⁾		388 (73,6)	$gc \times gc$
$[g] \times [c]$	16	295 (49,2)		305 (50,8)	$gc \times cc$
$[f] \times [f]$	5	48 (25,8)	138 (74,2)		$fc \times fc$
$[f] \times [f]$	4		25 (83,3)	5 (16,7)	$fc \times fg$ ou $fg \times fg$
$[f] \times [c]$	14	112 (49,4)	116 (50,9)		$fc \times cc$
$[f] \times [g]$	5	103 (28,0)	178 (48,4)	87 (23,6)	$fc \times gc$
$[f] \times [g]$	3		106 (52,0)	98 (48,0)	$fc \times gg$ ou $fg \times gg$ ou $fg \times gc$

⁽¹⁾ Chaque résultat est obtenu à partir d'un couple.

⁽²⁾ Toutes les hypothèses génomiques faites sont vérifiées. En posant f dominant g et c , g dominant c , les différences entre effectifs phénotypiques observés et calculés ne sont pas significatives (seuil 5 p. 100 du χ^2).

⁽³⁾ Nombre d'individus d'un phénotype donné.

⁽⁴⁾ Fréquence (p. 100) d'un phénotype donné.

Bien que *N. pronuba* soit un migrant, il est donc trouvé dans les populations naturelles imaginaires, des structures différentes du polymorphisme en fonction des zones géographiques dont les populations sont originaires. Ces caractéristiques sont conciliables car il s'agit d'une espèce monovoltine effectuant des migrations d'amplitude limitée sur le territoire français, tout au moins dans le sens sud-nord. Il ne faut pas perdre de vue que les populations capturées dans les zones géographiques où la structure du polymorphisme se montre stable sont des populations de composition moyenne. En aucun cas elles ne peuvent rendre compte des variations

TABLEAU 2

*Différences structurales présentées en France
par le polymorphisme des papillons de N. pronuba
selon la provenance géographique des populations*

	Années	Nombre d'individus	Phénotypes		
			[f]	[g]	[c]
Aquitaine, région de Poitiers	1971	620	252 ⁽¹⁾ (40,7) ⁽²⁾	62 (10,0)	306 (49,3)
	1972	731	282 (38,6)	64 (8,7)	385 (52,7)
Basse-Vallée du Rhône et Mont-Ventoux	1972	236	112 (47,5)	30 (12,7)	94 (39,8)
	1973	783	360 (46,0)	79 (10,1)	344 (43,9)
	1974	324	159 (49,1)	32 (9,9)	133 (41,0)
Pyrénées Occidentales (Col d'Osquich, Plateau de Lhers, Col de Gèdre)	1971	2 087	908 (43,5)	242 (11,6)	937 (44,9)
	1972	1 575	652 (41,4)	183 (11,6)	740 (47,0)
Alpes de Savoie	1971	6 178	2 745 (44,4)	854 (13,8)	2 579 (41,7)
	1972	9 443	4 133 (43,8)	1 303 (13,8)	4 007 (42,4)
	1973	25 362	11 301 (44,6)	3 296 (13,0)	10 765 (42,4)
	1974 ⁽³⁾	10 156	4 499 (44,3)	1 401 (13,8)	4 256 (41,9)

⁽¹⁾ Nombre d'un phénotype considéré.

⁽²⁾ Pourcentage d'un phénotype considéré par rapport au nombre total d'individus observés.

⁽³⁾ La même année, un échantillon composé de 2 774 individus capturés au col de la Cayolle a montré que le polymorphisme était identique pour des populations originaires des Alpes de Savoie et des Alpes du Sud.

TABLEAU 3

*Comparaison de la structure du polymorphisme de N. pronuba L.
entre populations printanières et estivo-automnales capturées
au col du Glandon (Alpes de Savoie) en 1971, 1972, 1973, 1974*

	[c]	[f]	[g]	Totaux
1971* { 1/6-10/7 1/8-20/10	914 ⁽¹⁾ (43,6) ⁽²⁾ 1 665 (40,8)	877 (41,8) 1 868 (45,8)	306 (14,6) 548 (13,4)	2 097 4 081
1972* { 1/6-10/7 1/8-20/10	882 (42,3) 3 125 (42,5)	910 (43,6) 3 223 (43,8)	295 (14,1) 1 008 (13,7)	2 087 7 356
1973* { 1/6-10/7 1/8-20/10	3 316 (42,0) 7 449 (42,7)	3 557 (45,1) 7 744 (44,3)	1 022 (12,9) 2 274 (13,0)	7 895 17 467
1974* { 1/6-10/7 1/8-20/10	465 (40,4) 3 791 (42,1)	524 (45,5) 3 975 (44,1)	162 (14,1) 1 239 (13,8)	1 151 9 005

* Quelle que soit l'année, il n'apparaît pas de différences significatives (seuil 5 p. 100 du χ^2 entre le polymorphisme des populations capturées aux deux saisons).

⁽¹⁾ Nombre d'individus d'un phénotype donné.

⁽²⁾ Fréquence (p. 100) d'un phénotype donné.

TABLEAU 4

Comparaison des fréquences phénotypiques entre les différentes populations

Comparaisons effectuées	Valeur du χ^2 ⁽¹⁾
Aquitaine, région de Poitiers, Basse vallée du Rhône, Mont Ventoux	21,202
Aquitaine, région de Poitiers, Pyrénées occidentales	12,615
Aquitaine, région de Poitiers, Alpes de Savoie	47,931
Basse vallée du Rhône, Mont Ventoux, Pyrénées occidentales	7,707
Basse vallée du Rhône, Mont Ventoux, Alpes de Savoie	10,404
Pyrénées occidentales, Alpes de Savoie	13,524

⁽¹⁾ Pour que les structures de polymorphisme soient significativement différentes, le χ^2 calculé doit dépasser le χ^2 pour 2 dl et une probabilité de 5 p. 100 (5,991). Il en est toujours ainsi. Les populations examinées présentent donc des fréquences phénotypiques significativement différentes.



FIG. 3. — Les différentes zones géographiques présentant, pour *N. pronuba* une structure particulière du polymorphisme pigmentaire

- Chaque triangle foncé indique un lieu de prélèvement
- Chaque type de structure est figuré par une trame particulière

de constitution phénotypique qui pourraient apparaître à l'intérieur de l'une de ces zones entre populations dont le développement larvaire se serait effectué dans des microclimats aux conditions différentes. Si l'on suppose l'existence de telles variations, le phénomène migratoire assurerait chaque année avant la ponte la reconstitution de populations d'hétérogénéité moyenne.

Les causes des polymorphismes ainsi que la nature des mécanismes qui les maintiennent sont très discutées depuis quelques années. Nous avons tenté d'analyser les raisons du maintien dans les populations du type de polymorphisme ici traité. Actuellement, aucune différence physiologique (rapidité de développement) ou éthologique (accouplement préférentiel entre formes, prédatisme différentiel pendant l'estivation, moment d'activité de déplacement nocturne différent selon les types morphologiques) n'a pu être montrée.

D'autres espèces, dont les populations ont un comportement intermédiaire entre le type migrant et le type sédentaire, présentent également un polymorphisme pigmentaire des adultes. Notamment les colorations marron foncé (forme typique) ou gris clair (forme *margaritosa* HAW.) des ailes antérieures des papillons de *Peridroma saucia* HB. sont, d'après les résultats des études que nous avons effectuées, déterminées par un mécanisme génétique simple : il s'agit d'un caractère diallèle, le marron foncé étant dominant. Chez *Scotia segetum* SCHIFF., les mâles sont gris clair et les femelles gris foncé ou gris clair, mais nous ignorons pour l'instant totalement les modalités héréditaires de ce caractère.

L'étude détaillée du polymorphisme de ces deux espèces pourrait éventuellement apporter des éléments de réponse en ce qui concerne leur éthologie.

IV. — CONCLUSIONS

Chez les espèces typiquement migrantes de Lépidoptères *Noctuidae*, on doit admettre, en l'attente de travaux plus complets, que le phénomène migratoire, du fait de l'important brassage qu'il produit, maintient un degré élevé d'hétérogénéité (physiologique ou morphologique) sensiblement identique pour des populations de différentes origines. Par contre, chez les espèces strictement sédentaires, l'hétérogénéité à l'intérieur d'une population apparaît moins marquée, des différences de structure apparaissant nettement entre les populations.

L'espèce *N. pronuba* permet d'illustrer à la fois ces deux mécanismes en raison de son monovoltinisme et de ses migrations qui, sur le territoire français, sont d'amplitude relativement faible dans le sens sud-nord.

L'étude du polymorphisme pigmentaire des adultes met en évidence un degré d'hétérogénéité constant dans les zones géographiques où logiquement on peut estimer que les mouvements migratoires ont lieu. Mais entre populations originaires de ces zones géographiques, il apparaît des différences significatives entre structures génétiques.

L'éthologie des populations apparaît donc comme un important facteur intervenant dans le degré et la structuration de l'hétérogénéité des populations naturelles chez les Lépidoptères *Noctuidae*.

Reçu pour publication en novembre 1975.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. DEMOLIN de la Station de Recherches forestières d'Avignon ainsi que MM. ANGLADE et ROBIN de la Station de Zoologie de Bordeaux qui ont bien voulu nous procurer les populations d'adultes de *N. pronuba* originaires respectivement, du Mont Ventoux et de l'Ouest de la France (Pyrénées occidentales ; Aquitaine, région de Poitiers).

SUMMARY

INCIDENCE OF ADULT MIGRATIONS ON THE LEVEL
AND THE STRUCTURAL VARIABILITY OF THE GENETIC
HETEROGENEITY AMONG THE NATURAL POPULATIONS
OF LEPIDOPTERA NOCTUIDAE

The fact of relations between the behavior and some characteristics of heterogeneity in *Noctuidae* populations seems possible to be proved.

This thesis is supported by works on different species (a) typically migrant, (b) typically non-migrant and (c) with an intermediate behavior. Studies carried out on several population of *Mamestra brassicae* (non-migrant) and *Noctua pronuba* (intermediate behavior) are described. For the first species the works refer to the variability of summer diapause from population to population. For the second species, results concern genetical determinism of adults pigmentary polymorphism and changes in its structure relating to geographical origin of the populations.

The conclusion is that a high heterogeneity, identical in most of the distribution area, should exist in the migrant species.

In the non-migrant species, the heterogeneity within a population should be relatively narrower, some structural differences clearly appearing between populations of different origins.

Noctua pronuba is a monovoltine species with apparently restricted migration range. Differences are observed about the pigmentary polymorphism in populations from different areas. They are explained by the limited influence of the adult dispersion in the distribution area.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRY B. D., ADKISSON P. L., 1966. Certain aspects of the genetics factors involved in the control of the larval diapause of the pink bollworm. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **59**, 122-125.
- BOESIGER E., 1965. Acquisitions récentes en biologie (8). Tendances actuelles de la génétique des populations. Aubier-Montaigne, Paris, 28 p.
- BONNEMAISON L., 1959. Remarque sur la diapause de la Noctuelle du chou : *Mamestra brassicae* L. *Bull. Soc. entomol. Fr.*, **64**, 142-151.
- CAYROL R., 1972. Famille des *Noctuidae*, in : *Traité d'Entomologie appliquée à l'agriculture* de BALACHOWSKY A. S., Tome II, second volume, 1255-1472.
- CAYROL R., POITOUT S., ANGLADE P., 1974. Étude comparée des caractères biologiques respectifs de quelques espèces de *Noctuidae* plurivoltines migrantes et sédentaires. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **6**, 1-10.
- DOBZHANSKY Th., BOESIGER E., 1968. *Essais sur l'évolution*, 103-113, Masson, Paris.
- FORSTER W., WOHLFAHRT Th. A., 1964. Die Schmetterlinge Mitteleuropas, vol. IV, planche 4.
- HARDWICK D. F., 1965. The corn earworm complex. *Mem. Entomol. Soc. Canada*, **40**, 246 p.
- MASAKI S., 1956. The local variation in the diapause pattern of the cabbage moth, *Barathra brassicae* L. with particular reference to the aestival diapause (*Lepidoptera*, *Noctuidae*). *Bull. Fac. Agric. Mie Univ.*, **13**, 29-46.

- MASAKI S., SAKAI T., 1965. Summer diapause in the seasonal life cycle of *Mamestra brassicae* L. (*Lepidoptera* : *Noctuidae*). *Jap. J. appl. Entomol. Zool.*, **9**, 191-205.
- MAYR E., 1974. Populations, espèces et évolution (traduction par Y. GUY de la 2^e édition anglaise parue en 1970), 131-132, 145-178, Hermann, Paris.
- OTUKA M., SANTA H., 1956. Studies on the diapause in the cabbage armyworm (*Barathra brassicae* L.). V. On the influence of temperature on the emergence of overwintering pupae. *Oyo-Kontyu*, **12**, 133-137.
- POITOUT S., 1969. La consanguinité chez les Lépidoptères *Noctuidae* ; mise en évidence de son importance dans la conduite d'élevages en conditions artificielles. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **2**, 79-91.
- POITOUT S., 1971. Influences relatives de la consanguinité et de l'alternance d'alimentation larvaire sur le potentiel de reproduction de *Spodoptera exigua* HBN. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **3**, 455-463.
- POITOUT S., BUES R., 1973. Mise en évidence d'une diapause nymphale de type « estival » dans des populations européennes de deux Lépidoptères *Noctuidae* *Hadeninae* (*Mamestra oleracea* L. et *Mamestra brassicae* L.). Facteurs d'induction et aperçu sur la variabilité inter-population de ce caractère. *C. R. Acad. Sc.*, série D, **276**, 3367-3370.
- POITOUT S., CAYROL R., CAUSSE R., ANGLADE P., 1974. Déroulement du programme d'études sur les migrations de Lépidoptères *Noctuidae* réalisé en montagne et principaux résultats acquis. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **6**, 585-587.
- SANTA H., 1955. Studies on the diapause in hibernating pupae of the cabbage armyworm, *Barathra brassicae* L. *Jap. J. appl. Zool.*, **20**, 213-216.
- UCHIDA T., MASAKI S., 1954. The effect of photoperiod on the induction of diapause in the cabbage moth *Barathra brassicae* L. (Studies on diapause in the cabbage moth, II). *Mem. Fac. Agr. Hokkaido Univ.*, **2**, 85-95.
- WAY M. J., SMITH P. M., HOPKINS B., 1951. The selection and rearing of leaf-eating insects for use as test subjects in the study of insecticides. *Bull. Entomol. Res.*, **42**, 331-354.
-

ÉTUDE DE LA LOCALISATION
ET DE LA MORTALITÉ HIVERNALE DES LARVES
DE *LASPEYRESIA POMONELLA* L.
(*LEPIDOPTERA, TORTRICIDAE*)
EN VERGERS MODERNES DE POMMIERS
DE LA BASSE VALLÉE DU RHÔNE

R. CAUSSE

avec la collaboration technique de J. BARTHES

Station de Zoologie,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140 Montfavet

RÉSUMÉ

L'étude de la localisation et de la mortalité hivernale des larves de *Laspeyresia pomonella* L. (Lép. *Tortricidae*) a été effectuée en vergers modernes de pommiers, grâce à une série de 27 lâchers successifs de 3 000 chenilles environ élevées au laboratoire et marquées au ^{65}Zn .

Lorsque les chenilles sont lâchées sur l'arbre, la plupart d'entre elles atteignent progressivement le sol. Leur orientation sur ce substrat paraît être la résultante de deux facteurs essentiels qui sont d'une part un phototactisme négatif qui tend à les diriger en direction opposée à la lumière d'origine solaire ou lunaire, et d'autre part un « effet de silhouette » qui les attire vers toute masse sombre nettement délimitée.

En ce qui concerne la localisation, contrairement aux résultats de nombreux auteurs ayant tous travaillé dans des vergers de type ancien et traditionnel, nous ne trouvons sur l'arbre que 14,5 p. 100 des chenilles de première génération et 4,5 p. 100 en deuxième génération ; les autres étant localisées au sol.

Le cheminement des chenilles au sol permet à la majorité d'entre elles de parcourir des distances allant de 1,5 à 6 m et pouvant parfois atteindre une dizaine de mètres.

La survie hivernale apparaît comme très faible et nous avons noté des taux de mortalité allant de 88 à 100 p. 100 durant les hivers 1972-1973 et 1973-1974. Quelques prédateurs ont pu être identifiés.

INTRODUCTION

Les vergers de pommiers ont connu un développement spectaculaire dans le sud-est de la France qui produit actuellement environ 40 p. 100 de la production totale française. Ces vergers sont particulièrement concentrés dans la Basse-Vallée du Rhône.

Ces plantations, conduites de façon intensive, comportent des arbres isolés ou en haies, le plus souvent irrigués et dans un parfait état d'entretien. Il n'en subissent pas moins les attaques de nombreux ravageurs au premier rang desquels le Carpo-capse, *Laspeyresia pomonella* L., qui constitue un ravageur-clé dans les études visant à l'extension de la lutte intégrée.

Les études de dynamique de population de cet insecte ont dû être reprises, malgré la liste déjà fort longue des travaux publiés dans le monde à son sujet. Il fallait en effet tenir compte de la situation nouvelle des vergers. D'une part les bas niveaux de population de l'insecte dus à une lutte chimique classique très efficace (AUDEMARD, 1973). D'autre part, le bon état sanitaire des arbres.

Toute la littérature nous enseigne en effet que les larves du 5^e stade du Carpo-capse trouvent les meilleurs abris de nymphose dans les crevasses des écorces du tronc et des branches principales. Or, nous avons été frappés par le fait que dans les pommiers de la région, l'écorce est presque parfaitement lisse. Dans ces conditions, où vont se réfugier les chenilles ? Peuvent-elles trouver abri au sol et dans quelle proportion ? Quelle peut être l'influence de cette répartition sur la mortalité au cours de la recherche d'un abri et pendant la période hivernale ?

Un essai de réponse à ces questions a fait l'objet de ce travail. Le marquage radioactif représente la technique de base utilisée (avec en plus le marquage coloré, fluorescent ou non, pour certains essais). McLELLAN (1960) avait déjà utilisé la même technique, mais avec un marqueur moins efficace, le ³²P, avec des nombres de chenilles très réduits et dans des conditions écologiques différentes.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Pour pouvoir retrouver les chenilles dans leurs sites naturels de nymphose, il fallait disposer d'un marqueur décelable à distance, même dans le cas de chenilles cachées par exemple dans le sol. Seul, le marquage radioactif avec un émetteur de rayonnement gamma pouvait répondre à cette demande. Il fallait en outre que la période du marqueur soit assez longue pour pouvoir suivre les chenilles pendant la période hivernale. Notre collègue M. BUSCARLET (Service de Radioagronomie, Centre d'Études Nucléaires de Cadarache) nous a proposé le ⁶⁵Zn. Ce radioélément est en effet un bon émetteur gamma et sa période est de 245 jours. Nous l'avons utilisé sous forme de chlorure de zinc en solution HCl. Sa période biologique s'est révélée très convenable puisqu'elle a été évaluée à 186 jours $\pm$ 24 uniquement en ce qui concerne les larves diapauses.

Les chenilles sont élevées à la Station de Zoologie sur milieux artificiels mis au point par SENDER (1969, 1970). Le zinc radioactif est mélangé aux différents ingrédients pendant la fabrication dans les proportions de 1,8 mCi pour 340 g de milieu. L'élevage s'effectue en petites boîtes plastiques cubiques de 8 cm³ environ, fermées par des couvercles étanches, elles-mêmes placées dans une pièce conditionnée (25°C — 70 p. 100 d'humidité relative — éclairage naturel ou cycle photopériodique de 18 : 6 pour obtenir des larves avec ou sans diapause).

Chaque dose de 340 g de milieu permet dans de telles conditions d'élever individuellement 180 chenilles, avec un rendement moyen de 80 p. 100 et une durée de développement larvaire de 13 à 15 jours. La quantité de radioélément (tout d'abord 1 mCi puis 1,6 mCi et enfin 1,8 mCi) a été établie de façon à assurer un marquage correct, sans entraîner de perturbations (durée de développement, rendement de l'élevage, longévité, comportement sexuel et éclosion des imagos comparés à ceux d'insectes témoins). La valeur moyenne de la radioactivité pour chaque chenille correspond à 0,75 μ Ci environ.

Les chenilles ont été lâchées soit directement au sol, au centre d'un rectangle formé par 4 arbres adjacents, soit le plus souvent dans un arbre. Dans ce cas, les chenilles sont réparties par lots de 25 dans de petites boîtes en matière plastique, ces dernières étant accrochées dans l'arbre à une hauteur de 2 mètres environ et ouvertes simultanément au moment du lâcher.

Au total 3 000 chenilles ont été utilisées en 27 lâchers dans un verger de pommiers non traités du domaine de Gotheron ⁽¹⁾ durant les étés et automnes des années 1970 à 1973.

La détection des chenilles est réalisée au moyen de compteurs portatifs munis de sondes à scintillations (un appareil Nardeux DSM 22 et un Intertechnique DT 12) ⁽²⁾. De manière à faciliter cette prospection, nous avons tracé sur le sol du verger, en utilisant du plâtre, un quadrillage de maille égale à 1 mètre. Ces réseaux schématisés en partie sur les figures nos 3 à 8, et pouvant couvrir 100 à 200 m² de surface autour des points de lâchers, nous ont permis en outre d'évaluer rapidement les différentes distances parcourues par les chenilles (fig. 1).

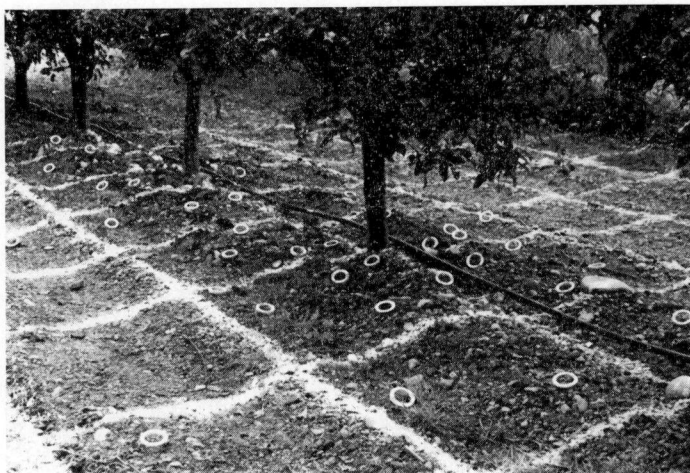


FIG. 1. — Quadrillage tracé sur le sol du verger facilitant la prospection des chenilles
(Les cercles blancs matérialisent la position des chenilles
et l'arbre du lâcher se trouve au centre de la photo)

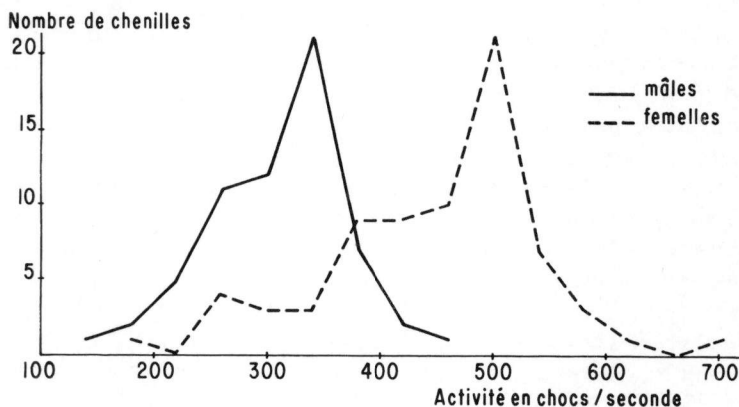


FIG. 2. — Activités radioactives différentes entre mâles et femelles de chenilles
du dernier stade élevées sur même milieu marqué

⁽¹⁾ Domaine du Service d'Expérimentation et d'Information de l'I.N.R.A., à Saint-Marcel-les-Valence (Drôme).

⁽²⁾ Ces expérimentations de marquage et de lâchers ont été effectuées en vertu de l'autorisation n° 84 20754 I.3 de la Commission interministérielle des radioéléments artificiels et sous contrôle de la section locale du S.C.P.R.I.

Dans certains cas les chenilles, en plus du marquage radioactif, ont été colorées avec des poudres fluorescentes ⁽¹⁾ vertes ou rouges (« Signal green » ou « Blaze orange ») de façon à pouvoir observer avec une lampe à rayonnement ultraviolet (lumière noire) le comportement des chenilles aussitôt après le lâcher. Il ne semble pas que ce marquage, quelle que soit la couleur, ait perturbé le comportement des chenilles.

Remarque : A la fin du développement larvaire, les chenilles femelles présentent une radio-activité supérieure à celle des mâles (fig. 2), ces derniers étant reconnaissables aux ébauches de leurs organes génitaux visibles par transparence à la partie dorsale. Le rapport de ces activités femelles, mâles est en moyenne de 1,43. Ce phénomène peut être expliqué, en partie seulement, par une différence de poids que présentent les chenilles femelles et mâles à la fin de leur développement, le rapport de ce poids étant de 1,18. L'appareillage utilisé ne permettant pas une grande précision dans la mesure (géométrie imprécise), les courbes de variations individuelles sont donc indicatrices et statistiques.

I. — ÉTUDE DE LA DISPERSION DES CHENILLES

Nous ne connaissons malheureusement pas bien le rythme de sortie des chenilles qui parvenues à leur complet développement, se livrent à la recherche d'un site ; cependant, GARLICK et BOYCE (1940) disent que ce comportement « se produit le plus souvent la nuit » ; GEIER (1963) est plus précis : « Les larves commencent à apparaître au crépuscule et augmentent en nombre pour atteindre le maximum d'abondance deux heures après. » Nous avons donc opéré le plus souvent (22 lâchers) au crépuscule, les autres lâchers étant faits soit un peu plus tôt (avant le coucher du soleil) soit plus tard, en pleine nuit.

A. — *Comportement des chenilles sur l'arbre*

Dès que les boîtes contenant les larves sont ouvertes dans les arbres, nous observons rapidement une exploration complète de ces derniers dans toutes les directions. Certaines chenilles atteignent ainsi souvent l'extrémité des plus hauts rameaux pour redescendre ensuite ; d'autres au contraire arrivent très vite au sol par le tronc, remontent à nouveau et ceci à plusieurs reprises. Des observations de ce type avaient déjà été signalées par VAN LEEUWEN (1929) et GARLICK (1948). Les premières larves peuvent atteindre le sol au bout de 10 minutes, tandis que ces déplacements peuvent durer plusieurs heures pour d'autres.

Au cours de ces déplacements, les chenilles sont manifestement à la recherche d'un abri. Les moindres anfractuosités font l'objet d'essais de pénétration, souvent infructueux.

Finalement, ce vagabondage sur l'arbre conduit la majorité des chenilles sur le tronc, par l'intermédiaire duquel elles atteignent progressivement le sol du verger.

Les chenilles ont également la possibilité de descendre directement du feuillage au moyen d'un fil de soie (fig. 3). Ce comportement a été décrit par LE BARON (1873) et GEIER (1963), ce dernier le considérant comme une réaction de fuite vis-à-vis des prédateurs. En fait, il nous est apparu comme accidentel (difficulté de cheminement en bout de feuille, action du vent, etc.). Il est caractérisé par une descente rapide sur

(1) Day-Glo dynamized daylight fluorescent pigment, Switzer Brothers, inc. Cleveland (Ohio).

environ 1 m 50 ; si à cette distance le sol n'est pas atteint, dans la plupart des cas la chenille stoppe sa descente et remonte le long de son fil par un comportement assez curieux à observer ⁽¹⁾ (fig. 3).



FIG. 3. — Comportement particulier des chenilles lors d'une descente (à gauche) et d'une remontée (à droite) le long d'un fil de soie

B. — Dispersion des chenilles au sol

Une fois le sol atteint, les chenilles vont continuer à se déplacer les unes très rapidement en ligne droite sans changer de direction, en franchissant tous les obstacles ; d'autres ont un cheminement plus anarchique, hésitent, repartent et découvrent plus rapidement un abri, la plupart du temps provisoire.

⁽¹⁾ Si l'on observe ce comportement plus en détail, on s'aperçoit que la Chenille stoppe sa descente en accrochant le fil à l'aide d'une patte antérieure, reprend une position allongée et peut rester ainsi pendue pendant quelques secondes. Puis, par un repli du thorax qui amène les pattes postérieures au niveau des antérieures et hisse ainsi tout le reste du corps, elle agrippe le fil avec une patte postérieure et se retrouve ainsi suspendue par cette dernière. La partie antérieure du corps s'allonge à nouveau, les pattes antérieures viennent accrocher le fil 2 ou 3 mm plus haut, et ainsi de suite. Il faut noter que chaque fois que la Chenille vient d'effectuer une traction, elle soude aussitôt un nouveau fil au précédent. Ce dernier sert probablement de fil de secours car, si l'on sectionne expérimentalement le fil principal au-dessous de cette soudure, la chenille qui choit brusquement se trouve ensuite retenue par ce deuxième fil et amorce à nouveau un comportement de descente. Par ailleurs, chaque fois qu'elles se hissent par des tractions successives, leurs pattes postérieures ramènent vers le haut le fil qui fait alors toute une série de petites boucles. Au fur et à mesure de la remontée, ces boucles en s'enchevêtrant forment une petite pelote qui, située tout d'abord au niveau des pattes postérieures, se défait plus ou moins ensuite et glisse progressivement vers l'extrémité du corps. Au bout d'un certain temps plus ou moins long et par cette progression assez lente (4 à 6 cm à la minute environ), les chenilles parviennent à faire un rétablissement sur leur substrat de départ.

Nous retrouvons ici les deux phases décrites par GEIER (1963) dans le comportement sur l'arbre : déplacement et recherche d'un abri. Nous allons voir que dans ce comportement interviennent deux réactions principales, d'une part un phototropisme négatif (lumière solaire ou lunaire), d'autre part un tropisme orienté vers les masses sombres (arbres, taillis, haies).

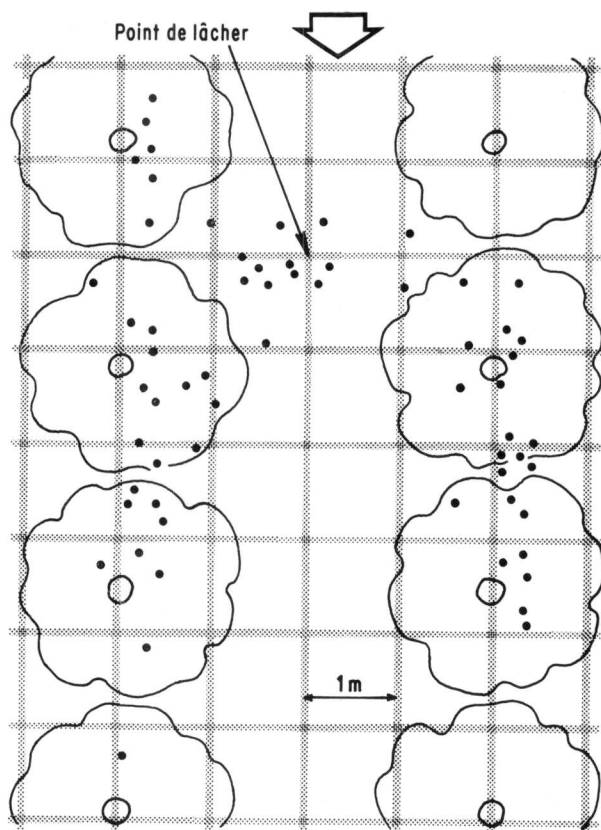


FIG. 4. — Répartition des chenilles 30 minutes après un lâcher de 100 individus au sol à 19 h 40 un 24 août (coucher du soleil à 19 h 30 environ). Les chenilles qui sont encore à moins de 20 cm du point de lâcher ne sont pas représentées. La flèche blanche indique la direction des rayons lumineux provenant du soleil couchant.

Déjà en 1928, McINDOO signale que les larves âgées sont très photonégatives, géopositives et thigmopositives, et GEIER (1963) parle de larves attirées par des formes de gros objets sur l'horizon. Lors de lâchers effectués au sol pendant la journée dans un verger à sol nu, STEINER (1929 a) remarque que « après quelques mètres en direction opposée au soleil, les chenilles s'orientent vers l'arbre le plus proche et continuent vers lui, même s'il est orienté vers le soleil ». Par ailleurs, il signale aussi cet « effet de silhouette » comme étant la capacité pour les larves de s'orienter de jour et de nuit vers les arbres, ou les grands objets dressés si les arbres font défaut (STEINER, 1929 b).

Dans nos essais, lorsque les chenilles sont lâchées au sol, elles s'orientent tout

d'abord préférentiellement de part et d'autre du point de lâcher vers les rangées d'arbres. Ce n'est que dans un deuxième temps qu'elles ont tendance à se déplacer en suivant ces rangées en direction opposée à celle du soleil ou tout simplement de la zone de plus forte luminosité (émanant du soleil couchant lorsque les lâchers ont eu lieu bien après le crépuscule). La représentation schématique de la figure 4 fournit un exemple de la répartition des chenilles 30 minutes après un lâcher au sol. Dans ses expériences réalisées essentiellement au sol, McLELLAN (1960) note que les chenilles recherchent la partie la plus ombragée de différents objets.

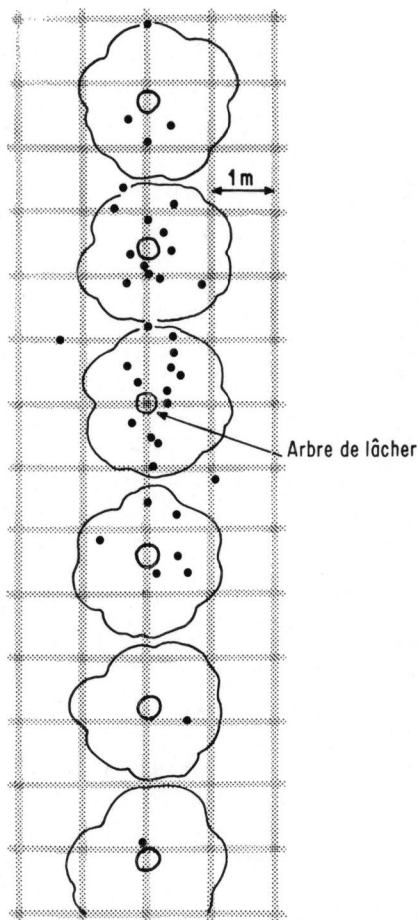


FIG. 5. — Répartition des chenilles ou des cocons au sol lors du prélèvement, 10 jours après un lâcher de 100 individus effectué sur un arbre à 0 h 30 un 30 juin (nouvelle lune)

Lorsque les lâchers ont lieu dans la partie aérienne de l'arbre, celui-ci étant choisi de façon à occuper généralement une position centrale dans le verger, les larves une fois au sol ont tendance à rester dans la zone correspondant au couvert végétal du pommier. Si les lâchers sont effectués très tard, de manière à ne plus subir l'influence

phototactique crépusculaire et si l'on se trouve en période de nouvelle lune, le cheminement des larves se fait simplement en longeant les arbres d'une même rangée. Elles suivent en quelque sorte le couvert végétal de part et d'autre du point de lâcher (les arbres distants de 2,30 m environ dans une même rangée sont contigus par leur partie aérienne, alors qu'ils ne le sont pas entre les rangées distantes de 4 m). Le schéma de la figure 5 correspond à un lâcher effectué à 0 h 30 ⁽¹⁾ dans de telles conditions.

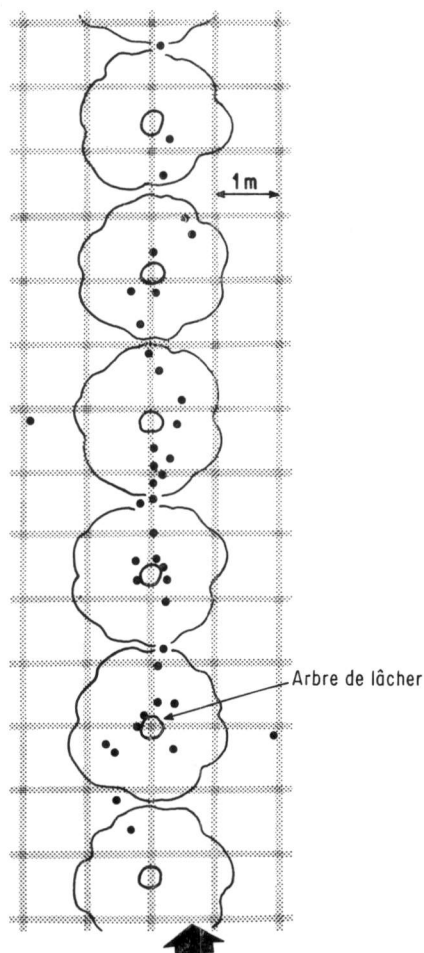


FIG. 6. — Répartition des chenilles ou des cocons au sol lors du prélèvement, 3 jours après un lâcher de 100 individus effectué sur un arbre à 22 h 15 un 9 août (Influence de la lumière émise par la lune située pratiquement dans l'axe de la rangée d'arbres). La flèche noire indique la direction des rayons lumineux provenant de la lune à 23 h.

Par contre, l'influence de la lumière solaire ou lunaire peut intervenir, en orientant la plus grande partie des chenilles d'un seul côté de la rangée par rapport au point de départ, ou éventuellement en provoquant un déplacement d'une rangée à l'autre.

⁽¹⁾ Les heures des lâchers ainsi que celles des couchers de soleil sont exprimées en heures locales.

Ces deux derniers phénomènes résultent du fait que les rayons lumineux peuvent être soit parallèles aux rangées d'arbres ou plus ou moins obliques, suivant les positions différentes du soleil couchant ou de la lune en fonction de l'heure et de l'époque des expérimentations. Les figures 6 et 7 reproduisent à titre d'exemple deux lâchers correspondant aux cas cités précédemment. Dans le cas décrit à la figure 6, l'expérience a eu lieu un 9 août à partir de 22 h 15 ; l'action de la lune (pleine lune située presque dans le prolongement des rangées d'arbres) semble être prépondérante. Pour le lâcher de la figure 7, effectué un 9 octobre à 17 h 45, c'est la luminosité provenant du soleil couchant qui est responsable du passage des chenilles sur la rangée d'arbres opposée.

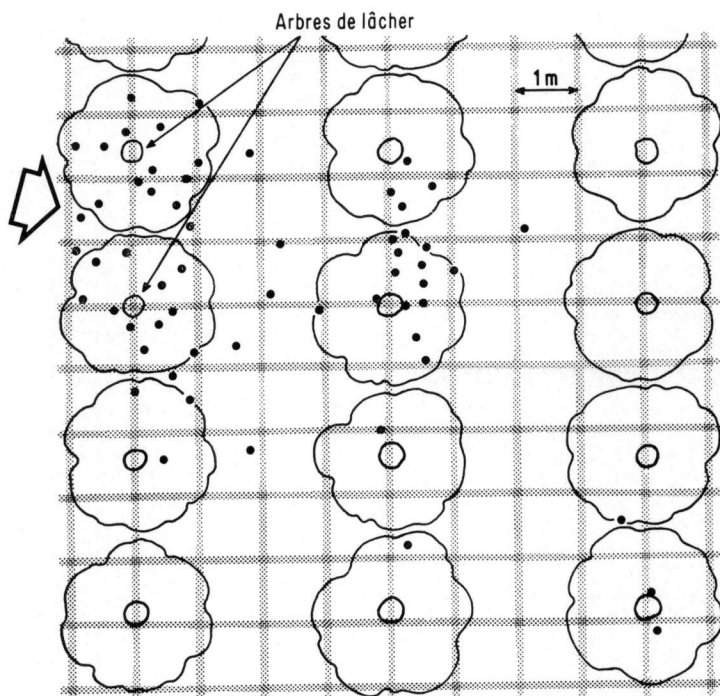


FIG. 7. — Repérage des abris d'hivernation au sol par détection, 4 jours après un lâcher de 200 chenilles effectué à 17 h 45 un 9 octobre (Influence de la lumière provenant du soleil couchant ; coucher du soleil à 18 h 05). La flèche blanche indique la direction des rayons lumineux provenant du soleil couchant.

Le diagramme reproduit en figure 8 représente un cas un peu particulier car le lâcher a été effectué à partir de 20 h 20 sur un arbre situé en bordure du verger et à proximité d'un épais taillis précédant un petit bois de chênes et de châtaigniers. La position apparente du soleil, celle de la lune au début du premier quartier, ainsi que la présence du bosquet à proximité doivent être autant d'actions agissant en synergie, susceptible d'entraîner le déplacement de plus de 50 p. 100 des chenilles à l'intérieur même de ce taillis.

D'une façon générale, nous pouvons dire que les chenilles lâchées au sol se déplacent beaucoup plus rapidement sur ce substrat, en suivant des trajets plus directs que celles qui ont tout d'abord été lâchées dans les arbres.

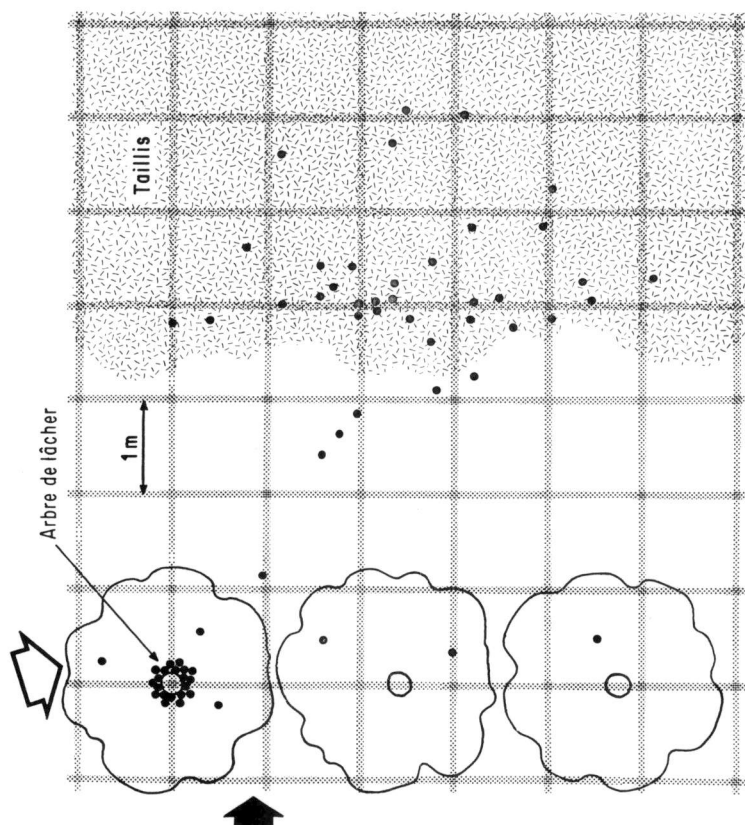


FIG. 8. — Répartition des chenilles ou des cocons lors du prélèvement, 3 jours après un lâcher de 100 individus effectué sur un arbre de bordure à 19 h 45 un 26 juillet (Influence de la luminosité du soleil couchant, de la lune et de la proximité d'un taillis ; coucher du soleil à 20 h 15 environ). La flèche noire indique la direction des rayons lumineux provenant de la lune à 20 h 30. La flèche blanche indique la direction des rayons lumineux provenant du soleil couchant.

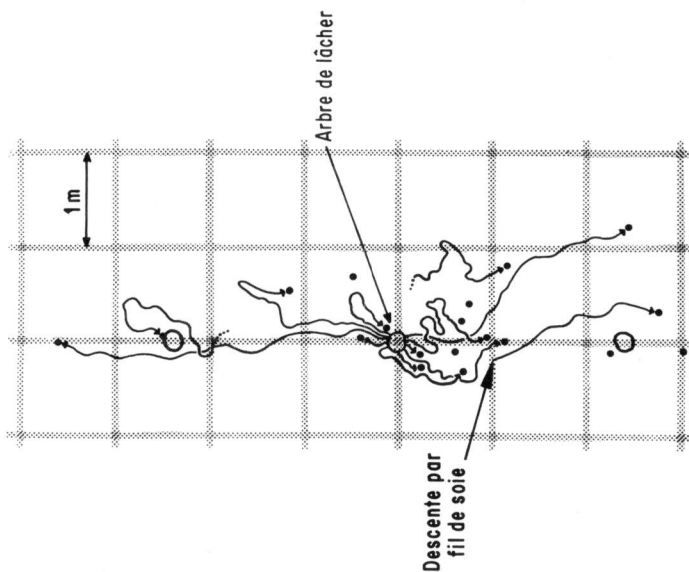


FIG. 9. — Exemple de trajectoires suivies par quelques larves après leur arrivée au collet du tronc. (Lâcher de 100 chenilles fluorescentes effectué sur un arbre un 3 août à 20 h 50).

Ces dernières ont très souvent des cheminements assez anarchiques, hésitants et entrecoupés d'arrêts. Nous avons suivi individuellement dans un cas précis les premières larves après leur arrivée au collet du tronc (fig. 9).

Au cours de certains lâchers, les distances parcourues par les chenilles ont été relevées. Pour des lâchers à partir d'un arbre, nous avons noté deux distances maximales parcourues de 8,80 m et 10,50 m. Des chenilles peuvent s'abriter au collet de l'arbre de lâcher ou à proximité. Mais la plus grande partie des chenilles est retrouvée à une distance de l'arbre allant d'environ 1,50 m à 6 m.

II. — LOCALISATION DES SITES DE NYMPHOSE

A. — *Abris sur l'arbre*

Un certain nombre de larves ne rejoignent pas le sol suivant les différents comportements décrits précédemment et se nymphosent directement sur l'arbre.

Ces chenilles peuvent alors tisser leurs cocons à l'intérieur de feuilles plus ou moins enroulées, entre deux feuilles reliées par des fils de soie ou à la fourche formée par deux branches, lorsque l'angle que forment ces dernières est assez aigu. Néanmoins, les deux sites les plus fréquemment rencontrés sur l'arbre sont localisés, d'une part sous l'écorce au niveau de la taille d'un rameau assez gros, et par ailleurs dans des fentes, crevasses ou autres cicatrices présentes sur le tronc. Lors d'un lâcher effectué en juin 1972, nous avons retrouvé neuf jours après 14 insectes marqués (10 chenilles et 4 chrysalides) étroitement serrés les uns contre les autres dans une sorte de crevasse formée par un chancre en bourrelet sur le tronc.

Différents auteurs ont cherché à retrouver la répartition des chenilles hivernantes sur les différentes parties de l'arbre (SHERMAN, 1933 ; GARLICK, 1948 ; MAILLOUX et LEROUX, 1962). Ils trouvent toujours la plus forte proportion sur les parties basses de l'arbre.

B. — *Répartition sur l'arbre et au sol*

De nombreux auteurs ont cherché par observation à savoir si les chenilles allaient se localiser préférentiellement sur l'arbre ou au sol. CHANDLER (1928), GOULD et GEISSER (1941) trouvent très peu de larves au sol. HEADLEE (1929) ; WORTHLEY (1932) ; GNADINGER *et al.* (1940) et WOODSIDE (1941) situent entre 0 et 14 p. 100 le nombre de chenilles se nymphosant au sol en conditions naturelles. COUTIN (1962) indique 8 à 18 p. 100 de nymphoses au sol. GEIER (1963) considère que les nymphoses au sol représentent une quantité négligeable. VAN LEEUWEN (1949), CUTRIGHT (1937) et GARLICK (1948) ont montré expérimentalement que des chenilles peuvent atteindre les arbres par le sol. McLELLAN (1960) obtient globalement à partir de 117 larves lâchées sur un arbre et au sol 57 larves sur l'arbre et 13 au sol.

L'ensemble de ces résultats montre toujours une très forte proportion de nymphoses sur l'arbre. Or nos résultats sont absolument différents. En effet, les proportions de chenilles retrouvées dans des sites de nymphose ou d'hivernation sur l'arbre représentent, selon qu'il s'agit de populations non diapausantes ou diapausantes,

7,5 p. 100 et 1,5 p. 100 des individus lâchés. Si l'on ramène ces pourcentages au nombre de larves réellement retrouvées, nous avons pour la première génération 14,5 p. 100 de nymphoses sur l'arbre pour 85,5 p. 100 au sol et pour la génération hivernante 4,5 p. 100 sur l'arbre et 95,5 p. 100 au sol.

L'explication de nos résultats totalement différents de ceux des autres observateurs et expérimentateurs tient dans la question que nous avons posée au début de notre travail (cf. introduction). Ces auteurs en effet ont travaillé sur des pommiers de culture ancienne, à écorce crevassée offrant de nombreux abris pour les larves, alors que nous nous sommes placés dans les conditions des vergers commerciaux modernes où les troncs d'arbres relativement jeunes ont leur écorce généralement très lisse.

Nous avons réalisé une contre épreuve en créant sur le tronc de nombreux abris artificiels au moyen de bandes pièges classiques en carton ondulé. A partir d'un lâcher sur l'arbre de 100 chenilles, nous en avons retrouvé 82 dans la bande piège, 5 au sol, 2 dans l'arbre, 2 dans les boîtes, plus 9 non retrouvées. Lorsque les chenilles ont été lâchées au sol, nous avons retrouvé dans deux expériences 42 et 41 p. 100 de nymphoses sur le tronc.

C. — *Abris au sol*

Les chenilles qui se nymphosent au sol sont retrouvées essentiellement sous de petits cailloux, mottes de terre, ou tout simplement dans une petite anfractuosité du terrain. D'autres se nymphosent directement à la surface du sol et s'abritent pour cela soit à l'intérieur de brindilles, de mauvaises herbes ou de rameaux de pommiers abandonnés après la taille, soit dans les premières feuilles mortes plus ou moins enroulées qui tombent au sol. De façon générale, les débris les plus divers sont utilisés et nous avons ainsi recueilli de nombreuses larves à l'intérieur de petites pommes desséchées provenant de l'année précédente. De même, nous en avons trouvé dans des glands de chêne, des petits morceaux de bois ainsi que dans un noyau de pêche. Le marquage radioactif revêt une importance très grande dans une telle recherche et c'est cette technique qui nous a permis de localiser très facilement ces différents lieux d'hibernation. Néanmoins, la plupart d'entre eux avaient déjà été signalés par simple observation et certainement avec beaucoup de difficultés par divers auteurs tels que : STEINER (1929, 1943), PAGLIANO (1941) et GARLICK (1948).

COUTIN (1960) a observé que des larves transportées avec des fruits infestés confectionnent leur cocon dans des caisses, emballages, cavités et fentes des locaux. Non seulement les chenilles peuvent pénétrer dans ces diverses cavités, mais sont aussi très capables de creuser elles-mêmes de véritables logettes correspondant exactement à l'emplacement du cocon. Nous avons ainsi dénombré 14 chenilles marquées et 5 chenilles provenant de la population naturelle dans la base d'un seul piquet de bois relativement tendre, servant à délimiter les parcelles du verger (fig. 10).

Dans certains lâchers, nous avons pu remarquer une préférence très marquée des chenilles à se nymphoser au collet du tronc, c'est-à-dire immédiatement entre la base du tronc et le sol, à une profondeur qui peut dans ces cas atteindre 6 ou 7 cm. La quantité de larves retrouvées à cet endroit peut être parfois très importante et atteindre près de 40 p. 100, ou au contraire être très faible ou même nulle dans

d'autres cas. Malgré la forte variabilité de ce comportement d'un lâcher à l'autre, nous n'avons pu établir de relation directe avec l'arbre, la nature du sol ou les conditions climatiques. NEWCOMER et WHITCOMB (1924), de même que YOTHERS et CARLSON (1941) ont trouvé de nombreux cocons « au sol près de la base des arbres » et d'après PUTMAN (1962) de nombreuses larves « tissent leur cocon sur le tronc au niveau du sol en saison sèche, mais il y en a peu ou pas du tout lors que cet endroit est détrempé par de fréquentes pluies ».

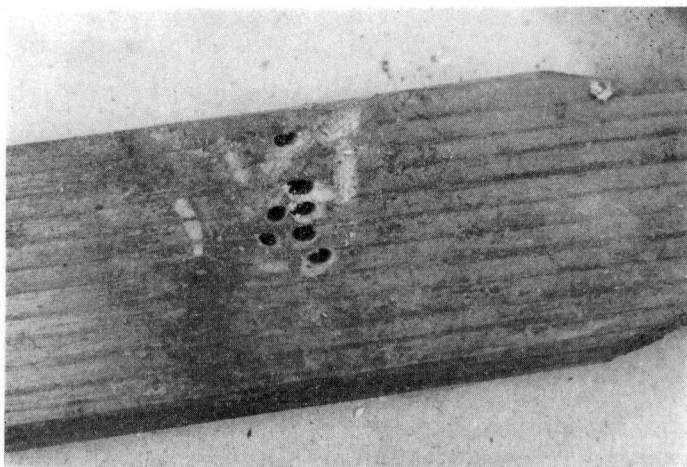


FIG. 10. — *Galleries d'hibernation creusées par des larves diapausantes de Carpocapse à la base d'un piquet de bois trouvé dans le verger à 8,5 m de l'arbre du lâcher (19 chenilles présentes)*

La structure du sol va évidemment influencer sur la possibilité pour les chenilles d'y pénétrer. Sur sol assez compact, les chenilles parcourent des distances plus longues et ne s'enfouissent pas au-delà de 2 cm. Sur sol plus meuble, nous avons trouvé des chenilles jusqu'à 4 cm de profondeur. Un sol propre offre moins d'abris variés et pousse les chenilles à se réfugier dans des crevasses. Il est évident que, comme le notent GOULD et GEISSLER (1941), les larves ne « pénètrent pas dans les sols nus et compacts pour se nymphoser » ; dans ce cas exceptionnel dans les vergers, les chenilles cheminent jusqu'à ce qu'elles trouvent un abri.

III. — DISPARITION DES CHENILLES

Dans les essais portant sur la dispersion des insectes, la récupération des chenilles s'effectue généralement 1 à 10 jours après le lâcher. Malgré une forte variabilité d'un essai à l'autre, le facteur le plus important qui agit sur le taux de récupération des larves est le temps qui s'écoule entre le lâcher et le prélèvement. En fonction de ce temps et sur l'ensemble de nos expériences, nous obtenons les résultats suivants :

Temps écoulé après le lâcher	Taux de récupération
24 heures	de 65 à 90 p. 100
2 jours	45 à 75 p. 100
3 jours	40 à 70 p. 100
du 4 ^e au 9 ^e jour	25 à 50 p. 100
du 10 ^e au 20 ^e jour	20 à 30 p. 100

Dans ces pourcentages ne sont comptées que les chenilles ou les chrysalides effectivement récupérées soit vivantes, soit mortes. Dans certains cas peu fréquents, la détection permet de déceler une émission radioactive plus faible sans que l'on retrouve une chenille ou une chrysalide. Un examen très soigneux du sol à cet endroit fait parfois retrouver une capsule céphalique, ce qui conduit à admettre que la chenille est morte et s'est décomposée en place.

Ce sont les lâchers faits sur l'arbre qui nous donnent les plus faibles taux de récupération, les lâchers au sol nous donnant les plus forts, pour un même temps après le lâcher.

Parmi les causes de disparition de chenilles, une part importante doit pouvoir être attribuée aux prédateurs. Ceux que nous avons observés sont pour la plupart classiques. La guêpe *Vespula germanica* L. est très active, particulièrement en début de saison ; elle capture les chenilles lors de leur cheminement sur l'arbre et nous en avons même vu attraper des chenilles pendant à leur fil de soie ; lors d'un de nos premiers essais, en juin, nous avons eu près de 15 chenilles capturées par les guêpes sur 100 lâchées dans l'arbre.

Au sol, des fourmis ont été vues à plusieurs reprises capturer des chenilles. D'autre part ont été retrouvés comme prédateurs assez nombreux des arachnides appartenant à l'ordre des opilions et des myriapodes chilopodes du genre *Lithobius* sp. Ont été également trouvés radioactifs donc s'étant nourris d'une chenille sans que l'on puisse affirmer que cette chenille était vivante au moment du prédatisme : 3 hémiptères dont 2 *Pyrrhocoris apterus* et 1 *Picromerus* sp. (*Asopinae*) ; 2 dermaptères *Forficula auricularia* L. ; 3 orthoptères dont 2 *Phaneropteridae* et 1 *Gryllidae* du genre *Mogoplistes* sp. ; et 3 coléoptères carabiques non déterminés.

Des prédateurs inattendus ont été des limaces de différents genres dont *Agriolimax*. Nous avons confirmé par une observation au laboratoire que ces petites limaces étaient capables de manger des chenilles qu'elles trouvaient vivantes.

Parmi les prédateurs signalés par différents auteurs, il ressort que l'action de divers coléoptères et surtout des fourmis est la plus importante. JAYNES et MARUCCI (1947) citent 6 espèces de fourmis dans les vergers de Virginie occidentale, tandis que BOYCE (1948) attribue la destruction de 50 p. 100 des larves vagabondes au coléoptère *Tenebrioïdes corticoles* en Ontario.

IV. — ÉTUDE DE LA MORTALITÉ HIVERNALE

Dans les essais destinés à suivre la mortalité hivernale, les chenilles lâchées à la fin de l'été sont simplement repérées par détection, mais laissées sur place jusqu'au printemps de l'année suivante. Des contrôles sont effectués tous les mois pendant l'hiver ; quelques jours avant l'éclosion les sites encore restants sont recouverts par des boîtes grillagées afin de récupérer les papillons. Au cours de ces contrôles, quelques sites perdent progressivement leur activité qui ne devient pratiquement plus décelable. Dans ces cas, des prélèvements sont effectués, servant simplement à éliminer ces abris qui correspondent à des mortalités précoces des chenilles.

Dans d'autres cas, nous assistons au contraire à une disparition brutale d'activité qui résulte soit d'un acte de prédatisme, soit d'un changement d'abris lorsque nous retrouvons les larves à proximité. Ce dernier cas, relativement fréquent pendant les premiers jours suivant le lâcher, est beaucoup plus rare pendant l'hiver et nous n'avons pas observé de cas de larves quittant leur cocon d'hibernation au printemps pour aller en construire d'autres ailleurs, fait signalé par MELANDER et JENNE (1906). Un autre cas d'abandon de cocon est rapporté par PETERSON et HAEUSSLER (1928) lorsque ces cocons deviennent trop humides.

L'ensemble de nos résultats est résumé dans le tableau I. Nous constatons tout d'abord que cette survie hivernale est très faible, parfois nulle en conditions naturelles et les différents résultats ne permettent pratiquement pas de donner un pourcentage moyen.

TABLEAU I

Mortalité hivernale des chenilles diapausantes de L. pomonella

Dates des lâchers	Nombre de chenilles lâchées	Nombre de chenilles détectées et présentes 10 jours après le lâcher	Nombre d'imagos éclos au printemps suivant	Nombre de chrysalides mortes
16 août 1972	89	23	1 (30-5-73)	1
31 août 1972	100	18	0	0
9 octobre 1972	240	42	0	1
12 octobre 1972	229	48	6 (15 au 28-5-75)	1
9 août 1973	200	46	0	3
28 août 1973	140	39	1 (22-5-74)	0
7 septembre 1973	175	25	0	0
5 octobre 1973	82	24	2 ⁽¹⁾ (24-5-74) (26-5-74)	0

(¹) Parmi ces deux papillons éclos, l'un d'entre eux a été capturé au piège sexuel.

Nous pouvons évaluer grossièrement cette mortalité hivernale entre 97 et 100 p. 100 des insectes lâchés en 1972 et entre 98 et 100 p. 100 en 1973. Si nous l'évaluons par rapport aux chenilles détectées et toujours en place 10 jours après, c'est-à-dire celles qui peuvent être considérées comme ayant trouvé un abri relatif-

vement sûr, nous avons une mortalité de l'ordre de 88 à 100 p. 100 et 92 à 100 p. 100 respectivement en 1972 et 1973. Pendant la même période, mais par une méthode différente, AUDEMARD (communication personnelle) a testé cette survie hivernale dans le même verger. Au moyen de bandes pièges, il récupère des chenilles de la nature qu'il introduit ensuite en automne en nombre déterminé dans des cages grillagées directement retournées sur le sol du verger. Par observation des éclosions au printemps suivant, il obtient des taux de mortalité nettement moins élevés de l'ordre de 59 p. 100 en 1972 et 73 p. 100 en 1973. Une comparaison avec nos résultats démontre le rôle important que constitue pour les chenilles la localisation dans un abri bien protégé (protection vis-à-vis des prédateurs et des perturbations du sol).

Lorsque l'éclosion des papillons issus des chenilles hivernantes paraît être terminée à la fin du mois de juin, un prélèvement général est effectué. Dans certains cas, nous ne retrouvons absolument plus rien des chenilles, mais seulement quelques débris de terre présentant une très légère radioactivité ou éventuellement la capsule céphalique ; ceci correspond à une mortalité assez précoce des larves. Nous retrouvons aussi toute une série de chenilles mortes dont l'état de conservation est varié probablement en relation directe avec la date de leur mort. Enfin, dans un très petit nombre d'abris, nous retrouvons quelques chrysalides (tabl. 1) prouvant que la mortalité n'est survenue qu'après la nymphose, donc quelques jours seulement avant l'éclosion des imagos.

Il est enfin classique de noter le prédatismo hivernal par les oiseaux sur les chenilles hivernant sur l'arbre. McLELLAN (1958-1959) a montré que plus de 50 p. 100 des larves hivernant sur les troncs en Nouvelle Écosse ont été détruites par deux espèces de pics du genre *Dendrocopos* pendant une période de 7 ans.

CONCLUSION ET DISCUSSION

Par des lâchers successifs de chenilles marquées élevées au laboratoire, nous avons pu confirmer un certain nombre d'observations effectuées par divers auteurs, et apporter quelques précisions sur le comportement de recherche d'abris de nymphose de *Laspeyresia pomonella*.

Lorsque les lâchers sont effectués sur l'arbre, on assiste tout d'abord à un vagabondage. Ensuite la plupart des chenilles rejoignent le tronc et, après une exploration minutieuse de ce dernier, atteignent progressivement le sol. Elles peuvent également atteindre le sol par un fil de soie à partir d'une chute accidentelle.

Lorsque les chenilles ont atteint le sol ou sont directement lâchées sur ce dernier, leur orientation est alors fonction de deux facteurs. D'une part du fait de leur phototropisme négatif, elles ont tendance à se diriger en direction opposée à la lumière d'origine solaire ou lunaire, et par ailleurs elles sont attirées par toutes masses sombres constituées par les troncs, les arbres ou les taillis. La direction généralement choisie paraît être la résultante de l'action de ces différents facteurs qui peuvent agir soit en synergie soit en opposition. McLELLAN (1960) écrit que ces chenilles photonégatives ne s'orientent pas en direction directement opposée au soleil, mais en faisant avec lui un angle de 135° environ si elles sont lâchées de jour. Par contre si elles sont lâchées à l'ombre, par temps couvert ou de nuit, elles se dirigent vers l'ombre de divers

objets. Mais ces expériences portent sur de très petits nombres d'insectes et dans des conditions d'environnement assez complexes. Il semble que l'étude précise du comportement d'orientation des chenilles du Carpocapse en fonction de différents stimulus reste à faire, en tenant compte des résultats déjà obtenus par WELLINGTON (1955) sur d'autres tordeuses.

Le cheminement des chenilles au sol permet à la majorité d'entre elles de parcourir des distances allant de 1,5 à 6 m et pouvant parfois atteindre une dizaine de mètres.

En ce qui concerne la localisation, il est certain que lorsque le tronc offre de nombreux abris il représente le site préférentiel de refuge pour les chenilles (STERNER, 1929 ; MATVIESKII, 1964). C'est le cas de vergers anciens et traditionnels où ont été faites la plupart des observations publiées jusqu'à maintenant. Nous nous sommes placés délibérément dans les conditions de vergers intensifs et relativement jeunes, où les troncs sont restés bien lisses. Dans ces conditions nous ne trouvons sur l'arbre que 14,5 p. 100 des chenilles en première génération, et 4,5 p. 100 en deuxième génération. Nous avons en contrepartie 85,5 p. 100 et 95,5 p. 100 des chenilles localisées au sol dans les abris les plus variés, y compris dans le sol lui-même.

Les chenilles diapausantes ont tendance à parcourir des distances moins importantes, à chercher des abris plus robustes et à tisser un hibernaculum plus résistant, comportements apparemment adaptés à une meilleure protection hivernale contre les intempéries et les prédateurs.

La survie hivernale apparaît comme très faible pour des chenilles au sol et nous avons pu noter des taux de mortalité hivernale allant de 88 à 100 p. 100 en 1972-1973 et 92 à 100 p. 100 en 1973-1974 (par rapport aux individus détectés et supposés encore vivants 10 jours après le lâcher). AUDEMARD (communication personnelle) a repris les études de mortalité hivernale à partir de chenilles issues du verger étudié. Il trouve alors, pour des chenilles ayant hiverné au sol, des chiffres de mortalité variables suivant les années mais tournant autour de 70 p. 100 en moyenne. On peut admettre que nos chenilles, provenant d'élevage artificiel, étaient moins bien préparées que les chenilles de la nature pour la résistance hivernale. D'autre part, leur libération en verger pouvait ne pas correspondre exactement au moment où elles auraient migré spontanément, soit qu'elles aient été libérées un peu trop tôt, soit qu'elles aient commencé à tisser un cocon en élevage (d'où une perte des réserves nécessaires pour le tissage définitif). On ne doit pas non plus écarter l'hypothèse d'une action défavorable d'une radioactivité prolongée, malgré la faible sensibilité bien connue des insectes aux radiations gamma.

Toutefois nos chiffres de mortalité hivernale ne sont pas aberrants. D'autre part, les comportements de dispersion et de recherche d'un site de nymphose sont en accord avec ceux notés par divers auteurs sous réserve des différences de situation (état des arbres notamment).

En conclusion, nos travaux ont permis de confirmer de nombreux résultats épars dans des travaux plus anciens concernant le comportement des chenilles à la recherche d'un site de nymphose ou d'hivernation. La méthode de détection radioactive a permis de les compléter en apportant des précisions beaucoup plus grandes, notamment quant aux distances parcourues. Cette méthode a permis également

de quantifier au mieux les résultats en ce qui concerne la répartition des sites de nymphose. Elle a apporté des réponses originales au problème posé concernant la situation dans des vergers conduits de façon intensive avec des arbres en bon état n'offrant que très peu de sites de nymphose. Or c'est cette situation qui nous intéresse dans les régions de forte production où nous avons à résoudre le problème de la lutte contre le Carpocapse.

Reçu pour publication en septembre 1975.

SUMMARY

CODLING MOTH IN THE RHONE VALLEY : COCOONING SITES AND WINTER SURVIVAL OF THE MATURE LARVAE IN MODERN APPLE ORCHARDS *LAPSEYRESIA POMONELLA* L. (LEP. TORTRICIDAE)

The study of the overwintering sites and mortality of *Laspeyresia pomonella* L. (Lep. Tortricidae) larvae has been carried out in modern apple orchards ; the trees are relatively young and have a smooth bark. The cocooning behaviour has been followed up through a series of 27 successive releases of about 3 000 larvae, laboratory reared and tagged by ^{65}Zn .

When the mature larvae are released on the tree, most of them reach progressively the ground by the trunk after exploring it in all directions. When they have reached the ground or also when have been directly released on it, the direction they take seems to be the result of two essential factors : a photonegative response which tends to direct them away from the sun or the moonlight and, on the other hand, a silhouetting effect which draws the insects toward any dark body, clearly delimited.

We find a larval and nymphal distribution on the tree to be only 14,5 p. 100 in the 1st generation and 4,5 p. 100 in the 2nd generation. The remaining 85,5 p. 100 (or 95,5 p. 100) are located in or on the soil, under the most varied shelters. This finding is not in agreement with results published by most authors having worked in old type and traditional orchards.

The crawling of the larvae on the ground allows most of them to cover distances from 1,5 to 6,0 m and up to 10 m. Occasionally, a few larvae can be localized in the soil, at the tree base.

The winter survival rate seems very low as we have noted mortalities varying from 88 to 100 p. 100 in 1972-1973 and 1973-1974. This mortality has been caused mostly by unfavourable climatic conditions and by predators action : some of the latter have been identified.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUDEMARD H., 1973. L'aménagement de la lutte chimique contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers. *Rev. Zool. agric. Pathol. vég.*, **72**, 33-47.
- BOVEY P., 1966. Super famille des *Tortricioidea*, le Carpocapse ou Ver des pommes et des poires, in BALACHOWSKY. *Entomologie appliquée à l'agriculture*, t. II, vol. 1, 653-734.
- BOYCE H. R., 1948. Native and imported parasites of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* L. in Canada. *Rept. Quebec Soc. Prot. Plants*, **30**, 96-100.
- CHANDLER S. C., 1928. Codling moth hibernation studies. *J. Econ. Entomol.*, **21**, 315-318.
- COUTIN R., 1960. Le Carpocapse des pommes et des poires (*Laspeyresia pomonella* L.). *Assoc. Coord. Tech. Agric.*, Paris, 47 p.
- COUTIN R., 1962. Recherches sur l'évolution d'une population de Carpocapse (*L. pomonella* L.). *Ann. Épiphyties*, **13**, 334-335.
- CUTRIGHT C. R., 1937. Codling moth biology and control. *Ohio agr. Expt. Sta. Bull.*, 583.
- GARLICK W. G., 1948. A five year field study of codling moth larval habits and adult emergence. *Sci. Agr.*, **28**, 273-292.

- GARLICK W. G., BOYCE H. R., 1940. A note on the habits of mature codling moth larvae. *Can. Entomol.*, **72**, 87.
- GEIER P. W., 1963. The life history of codling moth *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera* : *Tortricidae*) in the Australian capital territory. *Aust. J. Zool.*, **11**, 324-367.
- GNADINGER C. B., MOORE J. B., COULTER R. N., 1940. Experiments with pyrethrum for the control of codling moth (*Carpocapsa pomonella* L.). *J. Econ. Entomol.*, **33**, 143-152.
- GOULD E., GEISSLER G. H., 1941. Hibernating codling moth larvae. *J. Econ. Entomol.*, **34**, 445-450.
- HEADLEE T. J., 1929. An operation in practical control of codling moth in heavily infested district -third and final report. *J. Econ. Entomol.*, **22**, 89-97.
- JAYNES H. A., MARUCCI P. E., 1947. Effect of artificial control practices on the parasites and predators of the codling moth. *J. Econ. Entomol.*, **40**, 9-25.
- LE BARON, 1873. Third Rept. Insects of Illinois. p. 167-185. Cited by SLINGERLAND (1898).
- McINDOO N. E., 1928. Tropic responses of codling moth larvae. *J. Econ. Entomol.*, **21**, 631.
- McLELLAN C. R., 1958. Role of woodpeckers in control of the codling moth in Nova Scotia. *Can. Entomol.*, **90**, 18-22.
- McLELLAN C. R., 1959. Woodpeckers as predators of the codling moth in Nova Scotia. *Can. Entomol.*, **91**, 673-680.
- McLELLAN C. R., 1960. Cocooning behaviour of overwintering codling moth larvae. *Can. Entomol.*, **92**, 469-479.
- MAILLOUX M., LEROUX E. J., 1962. Observations bio-écologiques sur la Pyrale de la Pomme *Carpocapsa pomonella* L. (*Lépidoptères, Tortricidae*) dans les vergers des régions de Montréal et du Québec en 1961. *Ann. Soc. Ent. Québec*, **7**, 34-42, in *Rev. Appl. Entomol.* 1965, **53**, 224.
- MATVIEVSKII A. S., 1964. Where does the apple tortricid pupate? *Zashch. Rast. Vredit. Bolez.*, **8**, 37, in *Rev. Appl. Entomol.* 1966, **54**, 509.
- MELANDER A. L., JENNE E. L., 1906. The codling moth in the Yakima Valley. *Wash. State Coll. Agr. Expt. Sta. Bull.*, 77.
- NEWCOMER E. J., WHITCOMB W. D., 1924. Life history of the codling moth in the Yakima Valley of Washington. *U.S. Dept. Agr. Bull.*, 1235.
- PAGLIANO T. H., 1941. Lieux de nymphose de la *Carpocapse*. *Alm. Agric. Tun.*, 1941 (OEVA), 263-264.
- PETERSON A., HAEUSSLER G. J., 1928. Determination of the spring brood emergence of oriental peach moths and codling moths by various methods. *J. Agr. Res.*, **37**, 399-417.
- PUTMAN W. L., 1962 (pub. 1963). The codling moth *Carpocapsa pomonella* (L.) (*Lepidoptera* : *Tortricidae*) : A review with special reference to Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.*, **93**, 22-60.
- SENDER C., 1969. Élevage permanent du *Carpocapse* des pommes *Carpocapsa* (= *Laspeyresia*) *pomonella* L. sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **1**, 321-326.
- SENDER C., 1970. Élevage du *Carpocapse* des pommes sur un nouveau milieu artificiel non spécifique. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **2**, 93-95.
- SHERMAN F., 1933. A summary of three years' experiments on the control of codling moth in southwestern Michigan. *J. Econ. Entomol.*, **26**, 383-392.
- STEINER L. F., 1929 a. Codling moth bait trap studies. *J. Econ. Entomol.*, **22**, 636-648.
- STEINER L. F., 1929 b. Miscellaneous codling moth studies. *J. Econ. Entomol.*, **22**, 648-654.
- STEINER L. F., 1943. Where do we stand in codling moth control. *Proc. Ann. Pomol. Soc.* 59th Convention 207.
- VAN LEEUWEN E. R., 1929. Life history of the codling moth in northern Georgia. *U. S. Dept. Agr. Bull.*, **90**, 94 p.
- WELLINGTON W. G., 1955. Solar heat and plane polarized light versus the light compass reaction in the orientation of insects on the ground. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **48**, 67-76.
- WOODSIDE A. M., 1941. Studies of codling moth cocooning habits. *J. Econ. Entomol.*, **34**, 420-424.
- WORTHLEY H. N., 1932. Chemically treated bands in Pennsylvania. *J. Econ. Entomol.*, **25**, 1133-1143.
- YOTHERS M. A., CARLSON F. W., 1941. Orchard observations of the emergence of codling moths from two-year-old larvae. *J. Econ. Entomol.*, **34**, 109-110.

CONSÉQUENCES DE TRAITEMENTS FONGICIDES SUR *ACROSTALAGMUS APHIDUM* *FUNGI IMPERFECTI* PATHOGÈNE POUR LES PUCERONS

J. A. TORIBIO

Station de Pathologie végétale,
Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane,
Domaine « Duclos »
97170 Petit Bourg

RÉSUMÉ

Le bénomyl, appliqué en traitement des graines de Vigna diminue l'efficacité de l'*Acrostalagmus* contre le *Picturaphis brasiliensis*. La mortalité des pucerons observée dans ce cas correspond à 68 p. 100 de celle obtenue pour le témoin non traité. Cette efficacité de l'*Acrostalagmus* est beaucoup plus fortement réduite quand le bénomyl, ainsi que le propinèbe et le difolatan sont appliqués en pulvérisation sur les plantes. Ces deux derniers fongicides semblent protéger les pucerons de l'attaque par l'*Acrostalagmus* (puisque ceux-ci continuent à se multiplier), alors que le bénomyl en pulvérisation sur les plantes, outre son action fongicide, a une action dépressive sur les pucerons.

I. — INTRODUCTION

Parmi les champignons pathogènes pour les pucerons, on rencontre fréquemment, dans les pays tropicaux, l'*Acrostalagmus aphidum* OUD. (*Fungi imperfecti*). Ce champignon a fait l'objet de quelques observations par NOLLA (1929), SHANDS *et al.* (1958) et WOLCOTT (1955). Mais les résultats d'expériences au champ n'étant pas toujours satisfaisants d'une part, des insecticides de plus en plus efficaces vis-à-vis des pucerons faisant leur apparition sur le marché, d'autre part, les projets d'utilisation de l'*Acrostalagmus* dans la lutte contre ces insectes ne sont pas développés, comme en témoigne l'absence de références récentes à ce sujet.

Cependant aux Antilles on observe souvent une diminution des populations de pucerons après des périodes très pluvieuses (précipitations supérieures à 500 mm

en 1 ou 2 mois). On peut penser à l'action mécanique des gouttelettes de pluie qui, par l'intermédiaire des éclaboussures de particules terreuses, feraient tomber les pucerons de la face inférieure des feuilles. On peut envisager plus probablement l'action pathogène d'un champignon. Nous avons en effet isolé de pucerons morts un champignon développant un mycélium blanc crémeux et appartenant au genre *Acrostalagmus*.

Les cultures maraîchères hébergeant des pucerons faisant l'objet de nombreux traitements pour lutter contre des maladies à incidence économique grave, nous avons étudié, dans la perspective d'une lutte biologique contre ces vecteurs de viroses, dans quelle mesure les fongicides actuellement utilisés peuvent affecter l'*Acrostalagmus*.

II. — PROTOCOLES ET RÉSULTATS

Les souches d'*Acrostalagmus*, utilisées en mélange dans nos essais, ont été isolées de pucerons morts rencontrés sur *Solanum melongena*, *S. torvum*, *Colocasia* sp. et *Sida* sp. Ces pucerons appartenaient, pour la plupart, aux espèces *Myzus persicae* SULZ. et *Aphis gossypii* GLOV.

Le Puceron noir des légumineuses, *Picturaphis brasiliensis* MOREIRA, très sensible à l'*Acrostalagmus*, est choisi comme puceron-test, tandis que la plante retenue est le *Vigna sinensis* var. « Black eye » qui est facilement colonisée par cet insecte.

Nous avons recherché l'effet, sur la contamination des pucerons par l'*Acrostalagmus*, d'une part d'un fongicide systémique appliqué en enrobage de graines et, d'autre part, de fongicides systémiques ou non, pulvérisés sur les plantules.

1^o Action de l'*Acrostalagmus* sur *P. brasiliensis* après traitement des graines de *Vigna* au Bénomyl.

Un essai préliminaire a montré que le bénomyl appliqué en enrobage des graines de *Vigna* à raison de 4 g de Benlate (50 p. 100 MA) par kg, n'avait aucune incidence sur la colonisation des plantules par le *P. brasiliensis*.

Dans notre essai nous avons semé les graines dans des pots carrés de 10 cm à raison d'une graine par pot. Quatre jours après le semis un apport de pucerons a été effectué sur les plantules et nous avons laissé ces insectes se multiplier. Au bout de 10 jours 300 ml d'une suspension contenant 13×10^6 spores d'*Acrostalagmus* par ml ont été pulvérisés sur les plantules. Celles-ci ont été ensuite transférées en chambre humide (humidité relative de l'ordre de 95 p. 100) afin de permettre un bon développement du champignon sur les pucerons. Les plantes témoins n'ont pas été traitées au bénomyl. Une semaine après, le pourcentage de mortalité des pucerons a été estimé à partir de 5 fragments de tige de 4 cm de longueur coupés immédiatement en dessous des feuilles cotylédonnaires. Les résultats obtenus figurent au tableau 1.

L'analyse statistique des résultats de ce tableau montre, par rapport à ce que l'on obtient pour le témoin, une diminution hautement significative du pourcentage de pucerons tués par l'*Acrostalagmus* quand le bénomyl a été appliqué en enrobage de graines. La différence de pourcentage de mortalité observée sur les plantes témoins et sur les plantes traitées indique que les pucerons ont consommé du bénomyl en quantité suffisante pour gêner l'installation de l'*Acrostalagmus*.

TABLEAU I

*Effet du traitement des graines par le bénomyl
sur le pourcentage de mortalité des pucerons due à l'Acrostalagmus
(présence du mycélium sur les insectes)*

	Total pucerons comptés	Pucerons vivants	Pourcentage de mortalité due à l' <i>Acrostalagmus</i>
Plantes témoins	426	18	96
Plantes traitées	284	103	68

2° Action de l'*Acrostalagmus* sur *P. brasiliensis* après pulvérisation de Propinèbe, Difolatan ou Bénomyl sur les plantules de *Vigna*.

Des graines n'ayant reçu aucun traitement fongicide préalable ont été semées comme précédemment. L'apport des pucerons sur les plantules a été effectué en plaçant celles-ci sous cage grillagée pendant 10 jours avec d'autres plantes fortement infestées. Nous avons ensuite pulvérisé sur les plantules 400 ml de suspension de fongicide dans l'eau. Les concentrations de fongicides étaient les suivantes : pour le propinèbe 3 g d'*Antracol* (70 p. 100 MA)/l ; pour le difolatan 3 g d'*Orthodifolatan* 80 (80 p. 100 MA)/l et pour le Bénomyl, 1 g de *Benlate*/l. Pour le témoin de l'eau a été employée à la place de la suspension fongicide. A la fin de la même journée une suspension de spores d'*Acrostalagmus* à la même concentration que précédemment a été appliquée sur les plantules. Celles-ci ont ensuite été placées en chambre humide.

TABLEAU 2

*Effet du traitement des plantules en pulvérisation
avec le propinèbe, le difolatan et le bénomyl
sur le pourcentage de mortalité due à l'Acrostalagmus*

	Témoin		Traitements					
			Propinèbe		Difolatan		Bénomyl	
	p.v. (1)	p.t. (2)	p.v.	p.t.	p.v.	p.t.	p.v.	p.t.
Nombre de pucerons 7 jours après la pulvérisation des spores d' <i>Acrostalagmus</i>	200	2 246	1 062	182	1 676	10	22	15
Pourcentage de mortalité	91,82		14,63		0,59		—	

(1) p.v. : pucerons vivants.

(2) p.t. : pucerons tués par l'*Acrostalagmus*.

Après 7 jours d'incubation nous avons effectué les comptages de pucerons morts et vivants sur l'une des deux premières feuilles composées — où les pucerons s'étaient abondamment multipliés — de 6 plantes choisies au hasard pour chaque traitement. Les résultats de ces comptages sont consignés dans le tableau 2.

L'examen de ce tableau suggère quelques commentaires.

— Les fongicides utilisés sont actifs vis-à-vis de l'*Acrostalagmus*, la mortalité des pucerons due à ce champignon étant beaucoup plus faible sur les plantes traitées que sur les plantes non traitées.

— Le propinèbe et le difolatan ne semblent pas avoir une action dépressive sur les pucerons puisque ceux-ci sont encore très nombreux 7 jours après le traitement. Par contre le bénomyl, appliqué en pulvérisation sur les plantes tue beaucoup de pucerons et les quelques pucerons sur lesquels l'*Acrostalagmus* s'est développé pourraient ne pas avoir été en contact avec ce fongicide.

III. — DISCUSSION

De nombreux facteurs de l'environnement peuvent intervenir dans le déclenchement des mycoses sur les pucerons. Parmi ceux-ci, les facteurs climatiques ont une place de choix, comme l'ont montré MISSENER *et al.* (1970) dans une étude sur les mycoses à Entomophthorales chez *Aphis fabae*, *Capitophorus horni* et *M. persicae*. Les conditions plus favorables au développement des mycoses à *Acrostalagmus* semblent être réunies pendant les périodes nuageuses avec forte humidité de l'air ou pluies intermittentes. De telles périodes sont assez fréquentes aux Antilles, notamment dans les régions situées à plus de 100 m d'altitude. Nous avons d'ailleurs observé, pratiquement toute l'année, de nombreuses attaques d'*Acrostalagmus* sur des pucerons hébergés par diverses plantes, sauvages ou cultivées.

Malgré les conditions favorables existant presque continuellement aux Antilles, l'utilisation de l'*Acrostalagmus* pour la lutte biologique contre les pucerons peut se trouver entravée par les nombreux traitements fongicides pratiqués assez largement sur les cultures (cultures d'Aubergine en particulier). Certes, dans certains cas l'utilisation d'un champignon contre les pucerons malgré la présence de fongicides peut être envisagée. C'est ainsi que le *Cephalosporium aphidicola* PETCH peut permettre de contrôler *A. gossypii* sur concombres en serre, traités au Diméthirimol (5-N-Butyl-2-diméthylamino-4-hydroxy-6-méthylpyrimidine) notamment (WILDING, 1972). Mais dans d'autres cas, les fongicides employés peuvent protéger les pucerons de l'attaque par les champignons entomopathogènes comme l'indiquent, par exemple, l'augmentation de la population de *M. persicae* et la réduction du nombre des pucerons malades dans les parcelles de pommes de terre traitées avec plusieurs fongicides (NANNE et RADCLIFFE, 1971).

Nos résultats montrent que l'effet des traitements fongicides sur l'efficacité et le développement des mycoses à *Acrostalagmus* n'est pas négligeable. Dans le cas du traitement des plantes au bénomyl la situation est différente selon le mode d'application. Si ce fongicide est employé en enrobage des graines, l'installation de l'*Acrostalagmus* est gênée, mais le pourcentage de mortalité due à ce champignon reste élevé. Ceci vient probablement du fait que le bénomyl, comme tous les fongicides

systémiques, circule dans la sève brute et s'accumule dans les feuilles (BYRDE, 1969 ; CROWDY, 1970) ; les pucerons, se nourrissant dans le phloème, sont vraisemblablement en contact avec trop peu de fongicide pour que le champignon soit affecté de façon plus importante. Lorsqu'un autre mode d'application est utilisé (pulvérisation sur les feuilles, par exemple) le benomyl tue à la fois le champignon et un grand nombre de pucerons. Il semble que seuls les pucerons ayant, dans une certaine mesure, échappé au traitement, peuvent être affectés par l'*Acrostalagmus*. L'efficacité du champignon est également grandement réduite quand les plantes sont traitées au propinède ou au difolatan.

Il est bien évident que l'emploi de l'*Acrostalagmus* comme agent de lutte biologique contre les pucerons doit tenir compte du type de traitement administré aux plantes. On peut logiquement penser que la culture de variétés de plantes résistantes aux maladies fongiques à incidence économique grave, entraînant la diminution de l'usage des fongicides, permettrait à l'*Acrostalagmus* d'agir efficacement contre les pucerons vecteurs de virus. Les variétés n'étant pas actuellement disponibles pour toutes les plantes maraîchères intéressantes, une solution d'attente pourrait consister en l'utilisation de souches du champignon accoutumées aux fongicides couramment employés.

Reçu pour publication en octobre 1975.

SUMMARY

CONSEQUENCES OF FUNGICIDAL TREATMENTS ON *ACROSTALAGMUS APHIDUM* (*FUNGI IMPERFECTI*) PATHOGENIC TO APHIDS

Seed-dressing of *Vigna sinensis* with benomyl (4 g benlate/kg) decreased the efficacy of *Acrostalagmus* against the black aphid *Picturaphis brasiliensis*. The mortality of the aphids on the treated plants was 68 p. 100 of that noted on the control plants (table 1). When benomyl, propinebe and difolatan were sprayed on the plants at the rate of 1 g benlate/l, 3 g antracol/l and 3 g orthodifolatan 80/l, respectively, the efficacy of the fungus was much more reduced, down to 14.63 p. 100 on the plants sprayed with propinède and 0.59 p. 100 on the plants sprayed with difolatan (table 2). These two fungicides seem to protect the aphids continue to multiply well. Benomyl, sprayed on the plants, has not only a fungicidal action, but also a lethal one on the aphids.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BYRDE R. J. W., 1969. Systemic fungicides, including recent development in the agricultural sphere. *Proc. 5th Br. Insecticide and Fungicide Conf.*, **3**, 675-679.
- CROWDY S. H., 1970. Factors influencing the activity of systemic fungicides. *VIIth Int. Congr. Pl. Prot.*, Summ. Pap. 217-218.
- MISSONNIER J., ROBERT Y., THOIZON G., 1970. Circonstances épidémiologiques semblant favoriser le développement des mycoses à Entomophthorales chez trois aphides, *Aphis fabae* scop., *Capitophorus horni* BORNER et *Myzus persicae* (SULZ). *Entomophaga*, **15**, 169-190.
- NANNE H. W., RADCLIFFE E. B., 1971. Green peach aphid populations on potatoes enhanced by fungicides. *J. Econ. Ent.*, **64**, 1569-1570.
- NOLLA J. A. B., 1929. *Acrostalagmus aphidum* OUD. and Aphid control. *J. Dept Agr. P. R.*, **13** (2), 59-72.

ESSAIS D'ANALOGUES D'HORMONES JUVÉNILES SUR *MYZUS PERSICAE* SULZ. (HOM. APHIDIDAE) EN VERGER DE PÊCHERS

F. LECLANT, G. LABONNE, F. LAURIAUT et M. RENOUST

Laboratoire de Recherches de la Chaire d'Écologie animale et de Zoologie agricole,
Centre de Recherches de Montpellier, I. N. R. A.,
École nationale supérieure agronomique,
34060 Montpellier Cedex

RÉSUMÉ

Trois analogues d'hormones juvéniles Ethyl (2E, 4E)-3,7, 11-triméthyl-2, 4-dodecadiénoate, Ethyl (2E, 4E)-11-méthoxy-3,7, 11-triméthyl-2, 4-dodecadiénethiolate et Prop-2-ynil (2E, 4E)-3,7, 11-triméthyl-2, 4-dodecadiénoate ont été testés en verger de pêcher en vue de lutter contre le Puceron vert du Pêcher, *Myzus persicae* SULZ. Les traitements ont été réalisés sur une population mixte d'Aphides (adultes et larves de différents stades). En fin d'expérimentation on observe une réduction considérable de la proportion d'individus ailés dans tous les lots traités et l'apparition d'individus atteints de malformations (super-larves et super-nymphes ayant présenté des mues surnuméraires) et généralement inaptes à donner une descendance. Le 3^e composé cité s'avère le plus actif et le plus régulier. Bien que les effets secondaires de ces produits sur la faune auxiliaire restent encore à préciser, ces substances apparaissent d'un grand intérêt dans une lutte intégrée contre les Aphides ravageurs directs, en limitant les populations, ou vecteurs de virus, en réduisant le nombre d'ailés migrants du Pêcher vers les plantes-hôtes secondaires.

INTRODUCTION

Depuis les recherches de base effectuées par LEEES (1961, 1966) sur *Megoura viciae* BCKT. et par VON DEHN (1963) sur *Aphis fabae* SCOP., de nombreux travaux ont été consacrés à l'action des hormones juvéniles et de leurs analogues ou régulateurs de croissance, chez les Aphides.

Ainsi différentes substances actives sur la morphologie, la fécondité ou la longévité des pucerons ont été expérimentées en laboratoire notamment par les auteurs

suivants : WHITE (1968), WHITE et LAMB (1968) sur *Brevicoryne brassicae* L., HANGARTNER *et al.* (1971) sur *A. fabae*, NASSAR et STAAL (1971) sur *Myzus persicae* SULZ., BENSKIN et PERRON (1973), DESSUREAULT et PERRON (1973) sur *Macrosiphum euphorbiae* THOS., KUHR et CLEERE (1973) sur *Amphorophora agathonica* HOTTES, *Rhopalosiphum padi* L., *M. euphorbiae*, *Lipaphis erysimi* KLTB. (= *Hyadaphis pseudobrassicae* DAVIS), *Aphis pomi* DE G. et *M. persicae*, BULL *et al.* (1973) sur *Aphis gossypii* GLOV., NASSAR *et al.* (1973) sur *Schizaphis graminum* ROND. ... etc.

Par contre, bien peu de résultats ont été publiés concernant des essais de tels produits en plein champ. Citons toutefois le travail de TAMAKI (1973) réalisé sur *M. persicae* en verger de pêcheurs et de WESTIGARD (1974) sur *Psylla piricola* FÖRST. en verger de poiriers.

Les analogues d'hormones juvéniles pouvant être considérés comme une « troisième génération de pesticides » pour reprendre l'expression de WILLIAMS (1967), les résultats des essais rapportés ici s'inscrivent dans le prolongement des recherches réalisées depuis 1968 en vue d'améliorer nos méthodes de lutte contre les Aphides du Pêcher, en particulier *M. persicae*, en appliquant le concept de lutte intégrée (BERVILLÉ *et al.*, 1968, 1970 ; LECLANT et REMAUDIÈRE, 1970 ; REMAUDIÈRE et LECLANT, 1971 ; REMAUDIÈRE *et al.*, 1973 ; LECLANT et MILAIRE, 1975).

D'autre part, la sensibilité du Pêcher à la Sharka, grave maladie à virus des arbres fruitiers à noyaux transmise notamment par *M. persicae* et *M. varians* DAVIDS. constitue une des raisons qui nous ont fait porter un intérêt particulier à ces substances (LECLANT, 1974) et à juger de l'efficacité de trois d'entre elles dans les résultats rapportés ici.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ces essais dirigés contre *Myzus persicae* SULZ. ont été réalisés sur Pêcher (variété Dixired) dans le verger expérimental proche du Laboratoire (fig. 1). Trois produits ont été comparés à un témoin traité à l'eau.

Vingt rameaux d'un an sensiblement d'égale vigueur ont été choisis sur 4 arbres (5 rameaux par arbre, 1 arbre par traitement) et infestés, le 16 avril 1974, avec 15 femelles vivipares aptères adultes de 3^e génération à raison de 5 pucerons sur chacune des 3 rosettes moyennes du rameau. Afin d'obtenir des insectes d'âge identique et le plus homogènes possible quant à leurs potentialités, des rameaux de pêcher de la même variété hébergeant des fondatrices avaient été marqués à l'origine et l'évolution de leur descendance avait été suivie régulièrement. Quelques jours avant l'infestation, des larves des 3^e et 4^e stades ont été recueillies dans des colonies de même type et

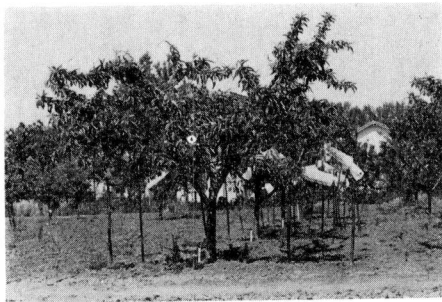


FIG. 1. — Verger et dispositif expérimental

leur élevage poursuivi sur de jeunes pousses de Pêcher jusqu'à l'obtention des adultes. Toutes les manipulations ont été réalisées à l'aide d'un pinceau afin de ne pas endommager ni léser les insectes. Chaque rameau préalablement infesté a été alors introduit dans un manchon de mousse-line (fig. 2) afin de prévenir l'évasion des Aphides, notamment des ailés, et de les protéger des ennemis naturels.



FIG. 2. — *Manchon en place*

Treize jours après l'installation des pucerons, c'est-à-dire le 29 avril, cinq rameaux d'un même arbre ont reçu une première application de l'un des produits suivants ⁽¹⁾ :

- ZR 512 4E ⁽²⁾ (Altozar TM) : Ethyl (2E, 4E)-3,7, 11-trimethyl-2, 4-dodecadienoate (produit à 53 p. 100 de matière active).
- ZR 619 5E ⁽²⁾ : Ethyl (2E, 4E)-11-methoxy-3,7, 11-trimethyl-2, 4-dodecadienethiolate (produit à 63,7 p. 100 de matière active).
- ZR 777 5E ⁽²⁾ : Prop-2-ynyl (2E, 4E)-3,7, 11-trimethyl-2, 4-dodecadienoate (produit à 65,3 p. 100 de matière active).

Ces trois composés ont été utilisés à la dose de 0,1 p. 100 de matière active ; les 5 rameaux témoins du 4^e arbre ont été traités à l'eau. La pulvérisation a été réalisée à l'aide d'un appareil à pression préalable Muratori de 2 litres, en dirigeant le jet perpendiculairement à l'axe du cylindre et en maintenant la buse assez près du manchon (5 à 10 cm), de façon à permettre la pénétration de l'émulsion et à bien mouiller l'ensemble du végétal jusqu'à ruissellement. Deux autres pulvérisations ont été effectuées dans les mêmes conditions que précédemment les 7 et 14 mai.

Lorsque, à la mi-juin, l'émigration totale des Aphides a été constatée sur les autres arbres du verger, les rameaux ont été sectionnés et rapportés, dans leur manchon, au laboratoire. Le tri des différents débris tombés au fond du manchon a été effectué sous la loupe binoculaire et les pousses de l'année examinées feuille par feuille dans les mêmes conditions, de façon à recueillir tous les pucerons vivants et les cadavres (de loin les plus nombreux) qui ont alors été stockés en alcool à 70°.

Un deuxième tri, toujours sous la loupe binoculaire, a été opéré en fonction des différentes formes obtenues puis les dénombrements réalisés dans chaque catégorie.

RÉSULTATS

A côté des formes normales représentées seules dans le témoin traité à l'eau, des pucerons atteints de malformations de différents types sont dénombrés dans les lots ayant reçu l'application des trois composés testés. En outre, aucune phytotoxicité n'est observée.

⁽¹⁾ Spécialité Zoecon Corporation (cf. GUG (1974).

⁽²⁾ 4E : 4 pounds US/gallon de matière active, soit environ 479,357 g/l.

5E : 5 pounds US/gallon de matière active, soit environ 599,197 g/l.

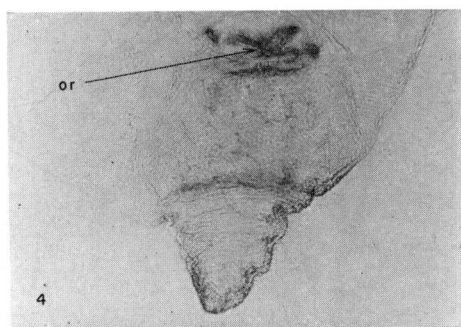
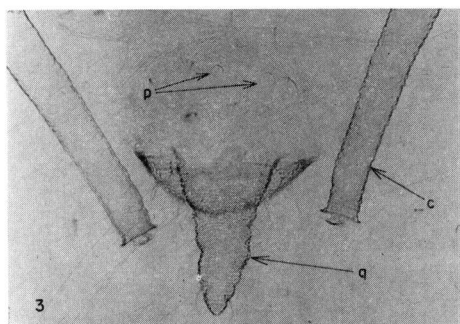


FIG. 3. — Extrémité de l'abdomen d'une femelle vivipare aptère adulte : queue normale
(q : queue ; c : cornicule ; p : papilles spinales)

FIG. 4. — Extrémité de l'abdomen d'une super-larve : queue de type larvaire
(or : orifice génital)

Les insectes ont été distribués dans les catégories suivantes en vue de l'évaluation des résultats :

- Ailés : insectes présentant des ailes normalement et régulièrement déployées.
- Ailés anormaux : insectes présentant des ailes frippées, chiffonnées ou de taille réduite.
- Nymphes : larves des 3^e et 4^e stades présentant des moignons alaires et ne contenant pas d'embryons. Pas de sensoria secondaires sur l'article III des antennes.
- Super-nymphes : beaucoup plus grosses que les précédentes, à moignons alaires hypertrophiés, à abdomen parfois distendu et contenant de nombreux embryons (yeux rougeâtres visibles en transparence) ; extrémité de l'abdomen souvent partiellement emboîtée dans la dernière dépouille dont l'insecte n'est pas parvenu à se libérer normalement ; article III des antennes muni de sensoria secondaires. Nymphes ayant subi des mues surnuméraires.
- Adultes aptères : insectes normaux à queue subconique longue (fig. 3) et à plaque sous-génitale bien développée.
- Super-larves : insectes de taille identique ou supérieure à celle des adultes aptères, à queue courte, obtuse, de type larvaire (fig. 4) et à plaque sous-génitale souvent réduite ou inexistante. Abdomen généralement distendu par la présence de nombreux embryons (fig. 5). Mues surnuméraires au cours desquelles l'expulsion des dépouilles est souvent incomplète (fig. 5 et 6).
- Larves : insectes de petite taille ne présentant ni moignons alaires ni embryons en transparence. Queue courte.

Nous désignerons ultérieurement par A_1 l'ensemble (Ailés + Ailés anormaux + Super-nymphes) qui représente les formes ailées et alatoïdes et par A_0 l'ensemble (Aptères + Super-larves) qui correspond à des formes typiquement aptères (cf. tabl. 2). Les larves et les nymphes, sur lesquelles on ne peut encore juger de l'action teratogène des produits, ne sont pas prises en considération dans ces paramètres.

Les résultats récapitulés dans le tableau 1 font apparaître en premier lieu une diminution considérable de la proportion d'individus ailés dans tous les lots traités, le composé ZR 777 s'avérant le plus actif, suivi de près par le ZR 619. D'après les travaux de NASSAR *et al.* (1973) réalisés sur *Schizaphis graminum* élevé sur Blé, les

insectes traités à l'aide du ZR 777 présentent en outre une mortalité très élevée par rapport au 619 alors que ce dernier a une très haute activité morphogénétique mais affecte moins la reproduction, ce que nous retrouvons en partie dans nos essais. Les effets de ces deux produits sont beaucoup moins nets sur *M. persicae* que sur *S. graminum* car, compte tenu des déformations occasionnées par le Puceron aux pousses de pêcher, de nombreux individus échappent à l'action de contact du produit, ce qui n'a pas lieu dans le cas de *S. graminum* sur plantules de blé.

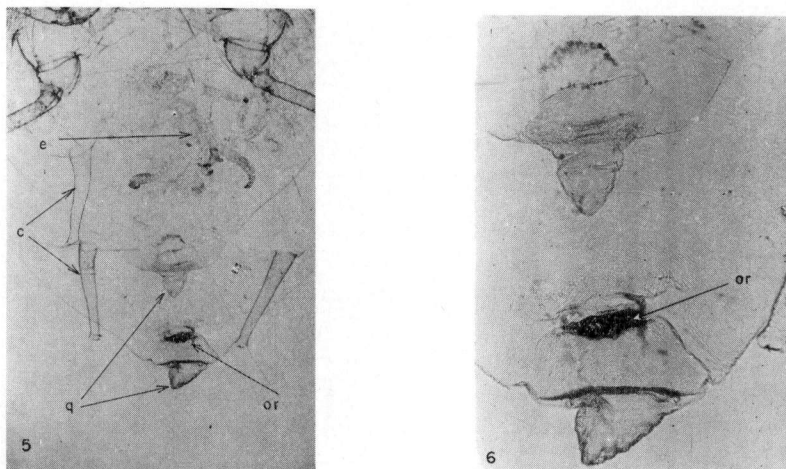


FIG. 5 et 6. — Abdomen d'une super-larve
On distingue parfaitement les deux cuticules et un embryon (e)
parvenu à maturité (mue surnuméraire).
L'orifice génital (or.) est nettement chitinisé

L'examen du tableau 1 permet en outre de faire les constatations suivantes :

— Des 3 produits testés, le 777 s'avère le plus efficace et le plus régulier, la population totale étant en diminution par rapport au témoin. Par contre le 512 est très irrégulier et l'effectif total est plus élevé que dans les autres lots.

— Le 777 et le 512 inversent la valeur des rapports $\frac{A_1}{A_0}$ (tabl. 2) et $\frac{\text{nymphes}}{\text{larves}}$ (tabl. 3) par rapport au témoin. On observe une diminution de la tendance d'une population à évoluer en donnant des formes ailées ou alatoïdes : l'effet de groupe apparaît ainsi comme inhibé. D'autre part, dans chacun de ces deux lots, la population totale des larves est très supérieure à celle du témoin ; à ce sujet, l'importante proportion de larves dans certains lots qui ne comportent pratiquement pas d'imagos (lot 777 répétition 5 par exemple) laisse à penser que les super-larves sont parfois capables d'avoir une descendance ; des observations de laboratoire ont d'ailleurs permis de le confirmer.

— Il est en outre intéressant de noter la faible proportion de larves dans le lot traité au 619 et à l'opposé la proportion très élevée de super-nymphes.

— Enfin certaines valeurs mentionnées dans les colonnes Témoin/5 et 619/2 s'écartent notablement de la moyenne des quatre autres répétitions. Dans la répétition 5 du témoin, où les individus survivants étaient nettement plus nombreux,

TABLEAU I

Action comparée de 3 analogues d'hormones juvéniles sur la composition qualitative et quantitative d'une population de Myzus persicae

Traitement		Témoin					777					619					512				
Répétitions		1	2	3	4	5 (1)	1	2	3	4	5	1	2 (1)	3	4	5	1	2	3	4	5
Ailés	<i>n</i> %	640 66,6	3 328 65,3	772 63,5	1 986 65,4	790 47,6	8 0,2	2 0,2	11 0,9	4 0,2	0 0,0	56 4,0	442 15,3	6 1,2	9 0,7	70 4,8	386 10,0	511 11,2	272 8,8	55 2,8	42 3,8
Ailés anormaux	<i>n</i> %	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	4 0,7	1 0,1	0 0,0	11 0,7	0 0,0	10 0,7	172 5,9	8 1,6	13 1,1	66 4,5	106 2,7	212 4,6	65 2,1	54 2,8	45 4,1
Super- nymphes	<i>n</i> %	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	312 28,5	200 23,8	379 30,1	314 18,7	177 21,8	569 40,2	611 21,1	232 45,3	830 69,4	727 49,4	644 16,7	492 10,3	451 14,7	408 21,2	306 28
Adultes aptères	<i>n</i> %	153 15,9	749 14,7	232 19,1	553 18,2	531 32	25 2,3	17 2	13 1	34 2	2 0,2	46 3,2	172 5,9	8 1,6	28 2,3	24 1,6	260 6,7	265 5,8	108 3,5	64 3,3	41 3,8
Super- larves	<i>n</i> %	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	0 0,0	603 55,1	365 43,5	634 50,3	889 52,9	443 54,5	597 42,1	691 23,9	200 39,1	247 20,7	515 35	1 040 27	1 764 38,6	1 306 42,5	1 030 53,5	551 50,5
Nymphes	<i>n</i> %	127 13,2	797 15,6	140 11,5	313 10,3	188 11,3	19 1,7	27 3,2	27 2,1	28 1,7	10 1,2	49 3,5	427 14,7	29 5,7	37 3,1	37 2,5	423 11	587 12,8	271 8,8	66 3,3	26 2,4
Larves	<i>n</i> %	41 4,3	219 4,3	72 5,9	185 6,1	151 9,1	123 11,2	227 27,1	197 15,6	401 23,9	181 22,3	90 6,4	381 13,2	29 5,7	32 2,7	33 2,2	999 25,9	744 16,3	600 19,5	247 12,8	81 7,4
Population totale		961	5 093	1 216	3 037	1 660	1 094	839	1 261	1 681	813	1 417	2 896	512	1 196	1 472	3 858	4 575	3 073	1 924	1 092

(1) Les résultats aberrants mentionnés dans ces deux colonnes font l'objet d'un commentaire particulier dans le texte.

n : nombre d'individus

% : pourcentage de la population totale.

les pourcentages élevés de larves et d'adultes aptères et à l'opposé le plus faible pourcentage d'aîlés peuvent s'expliquer par un retard dans l'évolution des colonies par rapport aux autres répétitions. A terme la population totale eut été plus élevée avec pour conséquence d'abaisser la quantité relative d'adultes aptères et de larves et au contraire d'augmenter celle des aîlés.

Par contre, pour la répétition 2 du lot 619, les résultats aberrants observés n'ont pu être expliqués, sinon par un défaut dans l'application du produit.

TABLEAU 2

Effet de deux analogues d'hormones juvéniles sur la valeur du rapport $\frac{A_1}{A_0}$ ⁽¹⁾

Répétition	1	2	3	4	5
Témoin	4,18	4,44	3,32	3,59	1,48
ZR 512	0,87	0,59	0,55	0,47	0,66
ZR 777	0,52	0,53	0,60	0,36	0,40

⁽¹⁾ A₁ : Aîlés + aîlés anormaux + super-nymphes.

A₀ : Aptères adultes + super-larves.

TABLEAU 3

Effet de deux analogues d'hormones juvéniles sur la valeur du rapport $\frac{\text{nymphes}}{\text{larves}}$

Répétition	1	2	3	4	5
Témoin	3,09	3,63	1,94	1,69	1,24
ZR 512	0,42	0,78	0,45	0,26	0,32
ZR 777	0,15	0,11	0,13	0,06	0,05

DISCUSSION ET CONCLUSION

Il serait vain de vouloir comparer très étroitement les résultats obtenus dans cet essai avec les diverses observations rapportées dans la bibliographie lors d'expérimentation de laboratoire.

En effet nous n'avons pas pu, par exemple, estimer les causes exactes de mortalité des insectes (action teratogène entraînant une mort prématurée et mort de « vieillesse » par exemple) ; tel n'était d'ailleurs pas notre objectif. D'autre part, malgré les précautions prises (manchon de mousseline fine), nous avons noté dans les manchons la présence de quelques momies dues à un faible parasitisme par Hyménoptère Aphidiide dont les adultes ont d'ailleurs été retrouvés (*Aphidius matricariae* HALIDAY et *Ephedrus persicae* FROGGATT). Des Syrphides adultes ont été également dénombrées isolément (*Epistrophe balteata* DE G.) ainsi que quelques Coccinellides (*Adalia bipunctata* L. ⁽¹⁾). Il est en effet impossible d'empêcher la ponte des Aphidiides au travers des mailles sur des insectes cheminant à l'intérieur du manchon ou la pénétration des larves du 1^{er} stade des prédateurs sinon en accentuant, par le choix d'un textile à mailles beaucoup plus fines, les caractéristiques microclimatiques de l'enceinte formée par le manchon. Leur impact dans les conditions de l'expérimentation peut cependant être considéré comme négligeable.

D'autre part, les applications réalisées en plein champ sont naturellement moins soignées qu'au laboratoire et de faibles populations de *M. persicae* entraînent déjà des déformations rapides des feuilles du Pêcher qui offrent alors un abri aux insectes : tous les pucerons ne se trouvent pas touchés par le produit ou atteints par ses vapeurs. Dans la pratique, il y aurait intérêt à effectuer ces applications sur les larves issues des fondatrices, au plus tard sur les adultes de deuxième génération et leurs larves.

Quoi qu'il en soit, les résultats de ces essais, qui présentent par ailleurs les imperfections des essais de plein champ, montrent l'intérêt des analogues d'hormones juvéniles ou régulateurs de croissance non pas seulement dans la lutte contre les Aphides en tant que ravageurs directs, mais surtout dans la diminution de la population des formes ailées transmettant des maladies à virus variées dans les cultures ; l'utilisation de ces substances permet en outre, tout en limitant les effectifs, de conserver à l'état d'insectes aptères (super-larves et super-nymphes notamment) une partie de la population qui pourrait alors servir de proie aux insectes auxiliaires ; il convient toutefois que les substances utilisées présentent une spécificité de groupe assez étroite pour ne pas nuire à leur action.

Reçu pour publication en août 1975.

SUMMARY

TESTS OF JUVENILE HORMONE ANALOGUES ON *MYZUS PERSICAE* SULZ. (HOM. APHIDIDAE) IN PEACH ORCHARDS

Three insect growth regulators ZR 512 Ethyl (2E, 4E)-3,7, 11-trimethyl-2, 4-dodecadienoate, ZR 619 Ethyl (2E, 4E)-11-methoxy-3,7, 11-trimethyl-2-4-dodecadienethiolate et ZR 777 Prop-2-ynyl (2E, 4E)-3,7, 11-trimethyl-2-4-dodecadienoate were evaluated for their effect on green peach Aphid, *Myzus persicae* SULZ. in peach orchards. Compounds were applied to non synchronous population (apterous adults and nymphs of different instars). At the end of experiment we observed a

⁽¹⁾ Notre ignorance de l'époque exacte à laquelle se sont développés ces auxiliaires ne nous permet toutefois pas de conclure, dans ce cas particulier, à l'innocuité des substances testées.

significantly reduction of alate level in all treated plots, deformed alate and apterous morphs ; these oversized specimens were extra larval instars having generally defective reproductive capacities. Compound ZR 777 exhibited the best activity and gave the most regular results. Though secondary effects on beneficial insects would be more explicated, these substances appear of great interest in integrated control against Aphids considered in two respects : as direct pests by reducing total population ; as virus vectors by suppressing production of winged migrants from peach to other hosts plants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAGLEY R. W., BAUERNFEIND J. C., 1972. In MENN J. J., BEROZA M., *Insect juvenile hormones : chemistry and action*, 113-144, Academic Press, London.
- BENSKIN J., PERRON J. M., 1973. Effects of an insect growth regulator with high juvenile hormone activity on the apterous form of the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera : Aphididae). *Can. Entomol.*, **105**, 619-622.
- BERVILLÉ P., BÉZUT M., LECLANT F., PROUT M., 1968. Observations sur le Puceron vert du Pêcher dans l'Hérault et le Gard en 1968. *Phytoma*, n° 203, 27-35.
- BERVILLÉ P., BÉZUT M., CLÉMENT P., LECLANT F., PROUT M., 1970. Nouvelles données sur la lutte contre *Myzus persicae* SULZ. en verger de pêchers. *Phytoma*, n° 216, 19-22.
- BULL D. L., RIDGWAY R. L., BUXKEMPER W. E., SCHWARZ M., MCGOVERN T. P., SARMIENTO R., 1973. Effects of synthetic juvenile hormone analogues on certain injurious and beneficial arthropodes associated with cotton. *J. econ. Entomol.*, **66**, 623-626.
- DEHN M., VON 1963. Hemmung der Flügelbildung durch Farnesol bei der schwarzen Bohnenlaus, *Doralis fabae* SCOP. *Naturwissenschaften*, **50**, 578-579.
- DESSUREAULT L., PERRON J. M., 1973. Effets d'un traitement à l'hormone juvénile synthétique sur les tissus de *Macrosiphum euphorbiae* (THOMAS) (Homoptera : Aphididae). *Nat. can.*, **100**, 107-115.
- GUG M., 1974. Aspects nouveaux de la chimie de synthèse : Substances attractives sexuelles et régulateurs de croissance chez les insectes. *Déf. Vég.*, **168**, 199-202.
- HANGARTNER W., PEYER B., MEIER W., 1971. Effects of a juvenile hormone analogue on the apterous form of the bean aphid, *Aphis fabae* SCOP. *Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent*, **36**, 866-873.
- KUHR R. J., CLEERE J. S., 1973. Toxic effects of synthetic juvenile hormones on several aphid species. *J. econ. Entomol.*, **66**, 1019-1022.
- LECLANT F., 1973. Aspect écologique de la transmission de la Sharka (Plum Pox) dans le Midi de la France. Mise en évidence de nouvelles espèces d'Aphides vectrices. *Ann. Phytopathol.*, **5**, 4, 431-439.
- LECLANT F., MILAIRE H. G., 1975. La lutte intégrée en vergers de pêchers dans le Sud-Est de la France. *C. R. 5^e Symp. Lutte intégrée en vergers*, OILB/SROP 1975, 181-198.
- LECLANT F., REMAUDIÈRE G., 1970. Éléments pour la prise en considération des Aphides dans la lutte intégrée en verger de pêchers. *Entomophaga*, **15**, 1, 53-81.
- LEES A. D., 1961. Clonal polymorphism in aphids. *Symp. r. Ent. Soc. Lond.*, **1**, 68-79.
- LEES A. D., 1966. The control in polymorphism in aphids. *Adv. Insect Physiol.*, **3**, 207-277.
- NASSAR S. G., STAAL G. B., ARMANIOUS N. I., 1973. Effects and control potential of insect growth regulators with juvenile hormone activity on the greenbug. *J. econ. Entomol.*, **66**, 847-850.
- REMAUDIÈRE G., IPERTI G., LECLANT F., LYON J. P., MICHEL Marie-France, 1973. Biologie et écologie des Aphides et de leurs ennemis naturels ; application à la lutte intégrée en vergers. *Entomophaga*, n° H. S. 6, 35 p.
- REMAUDIÈRE G., LECLANT F., 1971. Le Complexe des ennemis naturels des Aphides du Pêcher. *Entomophaga*, **16**, 3, 255-266.
- SLAMA K., ROMANUK M., SORM F., 1974. Insect hormones and bionalogues, 275-281, Springer-Verlag, Wien.
- TAMAKI G., 1973. Insect developmental inhibitors : effect of reduction and delay caused by juvenile hormone mimics on the production of winged migrants of *Myzus persicae* (Hemiptera : Aphididae) on peach trees. *Can. Entomol.*, **105**, 761-765.
- WESTIGARD P. H., 1974. Control of the pear psylla with insect growth regulators and preliminary effects of some non-target species. *Environ. Entomol.*, **3**, 256-258.
- WHITE D. F., 1968. Postnatal treatment of the cabbage aphid with a synthetic juvenile hormone. *J. Insect Physiol.*, **14**, 901-912.
- WHITE D. F., LAMB K. D., 1968. Effect of a synthetic juvenile hormone on adult cabbage aphids and their progeny. *J. Insect Physiol.*, **14**, 395-402.
- WILLIAMS C. M., 1967. Third generation pesticides. *Sci. Am.*, **217**, 13-17.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

**NUTRITION DE LA PYRALE DU MAÏS,
OSTRINIA NUBILALIS HÜBNER
(LEPIDOPTERA : PYRAUSTIDAE)**

R. T. GAHUKAR

Station de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
Route de Saint-Cyr,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

La nutrition de la pyrale du Maïs, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER a été étudiée de manière approfondie en particulier en ce qui concerne la spécificité de l'insecte vis-à-vis de la plante-hôte, *Zea mays* L. Les travaux sur les besoins nutritionnels (qualitatifs et quantitatifs) qui diffèrent selon les stades larvaires, ont permis de mettre au point des milieux artificiels pour l'élevage permanent en laboratoire sans perte de vigueur.

En outre, les rôles métaboliques des différentes substances du milieu expliquent leur action sur le développement, la survie, et la reproduction de la pyrale. Ces études doivent avoir pour conséquence de préciser dans la pratique le comportement alimentaire des chenilles et leurs dégâts en fonction des stades phénologiques du maïs et donc, de limiter les pertes de rendement par des méthodes de lutte appropriées.

Le développement des études de la nutrition chez les insectes a révélé des faits importants sur les relations insectes-plantes. Ces relations qui interviennent sur les populations de ravageurs, sont donc utiles à connaître dans une perspective de lutte intégrée.

Le terme « nutrition » définit le processus de métabolisme par lequel l'insecte obtient l'énergie indispensable et aussi les éléments essentiels pour sa croissance et ses fonctions vitales. Une variation dans la proportion des facteurs nutritionnels au-delà ou en deçà de l'optimum joue un rôle important chez l'insecte (HOUSE, 1969). Les besoins nutritionnels des ravageurs déterminent leur comportement et par conséquent leurs dégâts. Ce phénomène est d'une grande importance surtout chez les insectes phytophages. Il importe que ces besoins soient connus pour la sélection de meilleures plantes-hôtes (PAINTER, 1953).

La pyrale du Maïs, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER (*Lepidoptera*: *Pyraustidae*) est un insecte polyphage d'une grande importance économique, étudié surtout du point de vue de la nutrition en relation avec sa principale plante-hôte, *Zea mays* L. Les nombreuses publications sur ce sujet nous ont incité à faire cette mise au point bibliographique, en renvoyant le lecteur à celle de GUENNELON (1972) pour l'ensemble de la biologie.

I. — BESOINS NUTRITIONNELS

La pyrale choisit sa plante-hôte en fonction de ses besoins nutritionnels. La présence ou l'absence de substances toxiques dans les tissus de la plante et le comportement d'oviposition des femelles sont d'égale importance (BECK, 1956 *b*). L'alimentation des différents stades larvaires est liée aux stades phénologiques du maïs. Cette dépendance de l'insecte vis-à-vis de la plante nécessite d'étudier les besoins fondamentaux de la pyrale (BECK, 1956 *b*, 1957 *b*), à cause notamment d'une forte mortalité des jeunes chenilles sur les plantes en début de croissance (HÜBER, 1936, BECK, 1956 *c*). BOTTGGER, le premier, a étudié dès 1940 les besoins nutritionnels de la pyrale en relation avec sa plante-hôte.

Les besoins nutritionnels sont liés à des facteurs chimiques essentiels qui doivent être en quantité suffisante dans les aliments ingérés (BECK, 1956 *c*). La connaissance des besoins qualitatifs et quantitatifs donne des indications pour la préparation de milieux (holidiques ou méridiques), grâce auxquels il est possible de contrôler et par conséquent d'évaluer les facteurs nutritionnels.

Deux types de facteurs influent sur le comportement alimentaire des chenilles de la pyrale, sur leur installation et leur survie (HOUSER et HÜBER, 1928, HÜBER, 1961). En premier lieu, ce sont des facteurs physiques (texture de l'aliment, couleur etc.) associés au phototactisme négatif et au thigmatotactisme positif ; en second lieu, des facteurs chimiques représentés par le saccharotrophisme, bien que les réponses secondaires pendant l'alimentation soient suscitées par des acides aminés et des lipides (BECK, 1956 *c*).

A. — Besoins en substances spécifiques

Les besoins fondamentaux de la pyrale en aliments sont plus ou moins les mêmes que ceux d'autres insectes phytophages (FRIEND, 1958). Mais la différence essentielle réside au niveau des derniers stades larvaires qui exigent plus de sucres. Le comportement alimentaire des larves nouveau-nées a été étudié à l'aide de milieux artificiels ; il apparaît que la caséine ou l'huile de maïs ont plus d'importance que la choline, la vitamine B, le cholestérol ou les sels minéraux (BECK, 1956 *a*).

Glucides.

Les chenilles manifestent un besoin particulier en sucres, qui peuvent être utilisés sous différentes formes dans la préparation des milieux : par exemple, saccharose (NAGY, 1970) glucose, dextrose (BECK et STAUFFER, 1950 ; BECK, 1953, 1956 *a* ; GUTHRIE *et al.*, 1965 ; LEWIS et LYNCH, 1969). D'après BOTTGGER (1951) le glucose est plus favorable à la survie et au développement des larves que les autres sucres. Pourtant, un mélange de glucose + sucrose (2 : 1) satisfait les besoins en hydrates de carbone. La quantité en sucre du milieu, actuellement retenue pour la préparation des milieux méridiques, est de 18 mg/g de milieu (BECK, 1956 *c*).

Protéines.

La caséine est considérée comme une meilleure source protéique que la zéine. En outre, la croissance et le développement de la pyrale sont stimulés par la peptone (BOTTGGER, 1942). La teneur minimale en caséine nécessaire pour le développement et la production d'œufs sont les

mêmes que pour les sucres (BECK, 1956 c). Une préparation commerciale sans vitamines (Vitamin test casein) est maintenant utilisée pour la préparation des milieux.

Les besoins en protéines sont plus importants chez les jeunes larves que chez les larves âgées (BECK, 1956 c). Chez les adultes, une réserve protéique, constituée pendant les stades précédents de la vie de la pyrale, satisfait probablement les besoins.

On a remarqué que la présence de certains acides aminés L-alanine, DL-acide, α -amino, *n*-butyrique, L-sérine et L-thréonine, augmente la durée de l'alimentation larvaire et que la présence de L-tryptophane, L-arginine et B-alanine donne un résultat contraire (BECK et HANEC, 1958).

Lipides.

L'insecte a surtout besoin d'acides gras saturés ; cependant, le développement des ailes est normal en absence de linoleate ou de linolenate de méthyle (CHIPPENDALE, 1965).

L'acide linoléique contenant 1 p. 100 d'acétate de α -tocophérol, utilisé par BECK et STAUFFER (1950) a été ultérieurement remplacé par l'huile de maïs (BECK, 1953, 1956 c) ou l'huile de germe de blé (GUTHRIE *et al.*, 1965 ; LEWIS et LYNCH, 1969). Pour un développement et une croissance normaux, un stérol sous forme de cholestérol donne un résultat aussi satisfaisant et est utilisé dans les milieux dans la proportion d'environ 1,5 p. 100 du poids sec (LEWIS et LYNCH, 1969).

Sels minéraux.

Les sels minéraux en petite quantité sont nécessaires mais l'excès a un effet néfaste. Les sels utilisés dans les milieux pour l'élevage de la pyrale sont : sels de Wesson (BECK, LILLY et STAUFFER, 1949 ; BECK, 1953, 1956 c, CHIPPENDALE et BECK, 1964) ; sel n° 2 (GUTHRIE *et al.*, 1965 ; LEWIS et LYNCH, 1969). Les milieux méridiques contenant des substances végétales brutes sans addition de sels donnent d'aussi bons résultats pour l'élevage.

Vitamines.

L'importance des vitamines A et E (lipo solubles) dans la nutrition de la pyrale a été indiquée par BOTTGGER (1942). Le complexe vitaminique B incorporé dans le milieu perturbe la croissance normale (BECK, LILLY et STAUFFER, 1949). Plus tard BECK (1953) montre que les chenilles ont besoin de vitamine B (lipo soluble) contenant choline, thiamine HCl, riboflavine, acide nicotinique, pantothénate de calcium, pyridoxine, inositol, acide *p*-aminobenzoïque, acide folique et biotine. CHIPPENDALE et BECK (1964) excluent la choline et ajoutent la vitamine B₁₂ dans le mélange. Dans quelques milieux, la levure de bière seule (GUTHRIE *et al.*, 1965 ; NAGY, 1970 ; SALAMA, 1970) ou avec du chlorure de choline (BECK, LILLY et STAUFFER, 1949) a été utilisée comme source de vitamines. A présent, une préparation commerciale « Vitamin Diet Fortification Mixture » (GUTHRIE *et al.*, 1965 ; LEWIS et LYNCH, 1969) est d'un usage courant. Parmi les vitamines importantes, l'acide ascorbique (ou vitamine C) est essentiel pour le développement des ailes, la croissance et la reproduction (CHIPPENDALE et BECK, 1964). La gluconolacétone ne peut remplacer l'acide ascorbique dans le milieu (CHIPPENDALE, 1965).

L'adjonction de levure de bière, de 8 p. 100 (SALAMA, 1970) à 11 p. 100 (NAGY, 1970) du poids sec de milieu apporte vitamines (choline, vitamines B et C), glucides, protéines, sels minéraux et certains facteurs de croissance.

B. — *Autres substances*

Les substances inertes.

Les chenilles et les adultes de la pyrale ont besoin d'eau dans leur alimentation (MALLANBY, 1958). De l'eau distillée est ajoutée dans toutes les préparations de milieux. La cellulose fibreuse (BECK, LILLY et STAUFFER, 1949) ou en poudre avec ou sans alginate de sodium (BECK, 1953) a d'abord été utilisée mais ne figure plus dans les milieux ultérieurement mis au point (GUTHRIE *et al.*, 1965 ; NAGY, 1970 ; SALAMA, 1970). L'agar-agar est introduit dans les préparations pour obtenir la consistance voulue.

Les matières végétales.

Les milieux artificiels contenant des matières végétales sont largement utilisés pour l'élevage de la pyrale.

Les végétaux frais sont satisfaisants pour la réussite de l'élevage (BECK et LILLY, 1949, SURANY, 1957), mais ces matériaux ne sont pas toujours disponibles et cet aliment instable peut apporter des changements dans le métabolisme et la croissance de l'insecte, alors que les milieux artificiels évitent ces inconvénients.

De même, les différents organes de la plante de Maïs (feuilles, gaines, cornets, entrenœuds, panicules, grains de pollen, pédoncules, épis) mélangés séparément ou associés dans le milieu, assurent un développement normal pour tous les stades de la vie (BECK, 1956 *c*). La valeur nutritive des tissus de différentes parties de la plante nécessaire à la croissance optimale des stades larvaires a été discutée brièvement par BECK (1956 *c*). BECK, CHIPPENDALE et SWINTON (1968) préparent un milieu méridique sans matière végétale. LEWIS et LYNCH (1969) comparent un milieu à base de germe de blé et un autre contenant de la poudre de feuilles de Maïs et obtiennent le même résultat. NAGY (1970) emploie le germe de blé (42 p. 100 du poids sec) dans un milieu à base de poudre de luzerne.

Les besoins quantitatifs en matières végétales brutes sont peu étudiés, bien qu'elles soient souvent mélangées aux milieux. BECTON, GEORGE et BRINDLEY (1962) ajoutent de la poudre de feuille de maïs dans des proportions de 8, 15 et 26 p. 100 du poids sec total et trouvent le meilleur résultat avec la plus forte dose. La poudre de feuilles et de cornet de l'hybride de maïs WF 9 × M 14 (GUTHRIE *et al.*, 1965) ou celle de grains de haricot (SALAMA, 1970) ou la poudre de luzerne (NAGY, 1970) sont ajoutées dans les proportions respectives de 26, 85 et 28 p. 100 du poids sec de milieu.

Le facteur « feuilles de maïs ».

L'addition de poudre de feuilles de maïs dans le milieu permet d'obtenir le développement et la reproduction de la pyrale. Le rôle de cet additif et donc la valeur particulière des feuilles de maïs dans la nutrition n'étaient pas précisés jusqu'en 1964. Cet additif a été caractérisé comme un facteur « feuilles de maïs » (Corn Leaf Factor = CLF). Des efforts ont été faits pour le remplacer par d'autres matières (germe de blé, poudre ou extrait de levure de bière, Cerophyl (1, 7, 6J, SBJ), foie sec, concentré de foie, foie L., peptone. La comparaison de ces substances montrait que les larves exigent une source diététique d'un ou plusieurs facteurs non identifiés qui existent dans les feuilles de maïs, le concentré de jus d'herbes et certaines autres matières végétales (BECK, 1953).

Le facteur « feuilles de maïs » est thermostable, stable dans les acides, soluble dans de l'eau, et dialysable. De plus on a cru qu'il n'était pas assimilable aux vitamines B complexe, à l'acide ascorbique, au nucléate de sodium, au facteur citrovorum ou carnitine (BECK, 1953). L'extrait de feuilles de maïs (WRESSELL, 1955 ; BECK, 1956 *c*) a été comparé avec du jus de luzerne (BECK et SMISSMAN, 1960) et de la poudre de feuille de luzerne (BECTON, GEORGE et BRINDLEY, 1962). C'est seulement en 1964, que CHIPPENDALE et BECK ont mis en évidence l'identité de ce facteur avec l'acide ascorbique.

II. — SIGNIFICATION DES FACTEURS NUTRITIONNELS

En général, une déficience en constituants nutritionnels chez les insectes est la conséquence d'une mauvaise alimentation pendant toute ou une partie de la vie. Des réserves sont emmagasinées dans les tissus des chenilles et des chrysalides et sont utilisées par la suite dans le métabo-

lisme des adultes. Quelques-unes peuvent être transférées de l'adulte à la larve par l'intermédiaire des œufs (HOUSE, 1969). Il est très important de préciser la déficience en facteurs nutritionnels. De quoi s'agit-il?... Effets de la malnutrition, absence de stimulus ou bien d'autres facteurs comme cela a déjà été étudié chez les larves nouveau-nées d'*O. nubilalis* à l'aide de milieux artificiels (BECK, 1956 c). A partir de ces travaux, il fut possible pour BECK (1960) de réfuter l'hypothèse selon laquelle les déficiences dans les tissus de la plante sont responsables de la forte mortalité des chenilles sur les jeunes plantes de maïs. Les symptômes des déficiences trophiques de la pyrale peuvent être remarqués (1) au moment de la mue (suppression ou retard des mues ou mues surnuméraires) (2) au moment d'une demande accrue en aliments, (3) à cause du cannibalisme.

A. — Fonctions physiologiques

La plupart des symptômes des désordres métaboliques chez les insectes se traduisent par des perturbations (morphologiques ou physiologiques) dont le mécanisme interne est difficile à préciser.

Certains constituants alimentaires ont une valeur spécifique si bien qu'on note des anomalies aux divers stades de la vie. Ainsi, l'absence de poudre de feuilles de maïs lyophilisées dans le milieu donne une croissance anormale et seulement 20 à 40 p. 100 des larves parviennent à maturité (BECK, LILLY et STAUFFER, 1949). BOTTGER (1951) remarque également les effets défavorables de la moindre quantité de sucres réducteurs, même en présence des autres sucres. L'allongement de la durée larvaire, la forte mortalité des chenilles et des chrysalides, les malformations de ces dernières, l'émergence de mâles seuls sont les signes d'une déficience en acide ascorbique dans le milieu (CHIPPENDALE et BECK, 1964 ; CHIPPENDALE, 1965). L'absence de vitamines ou de sels peut entraîner des effets défavorables. Les pollens ajoutés dans le milieu méridique contenant du germe de blé ou de la poudre de feuilles de maïs augmentent l'homogénéité du développement larvaire et simultanément le poids nymphal (GUTHRIE, HUGGANS et CHATTERJI, 1969). Les chenilles doivent boire de l'eau afin de terminer leur diapause (BECK, 1967). Une teneur en eau insuffisante dans le corps affecte la morphogenèse au niveau des cellules selon un mécanisme complexe (ALEXANDER, 1966).

Le rapport entre les largeurs des capsules céphaliques des chenilles de deux stades successifs, varie en fonction des conditions nutritionnelles. Le coefficient d'accroissement peut différer d'une mue à l'autre, et en particulier diminuer fortement, notamment à partir de la deuxième mue en cas d'alimentation déficiente (BECK, 1950).

Les adultes ont une longévité plus longue et la fécondité des femelles ainsi que l'éclosion des œufs augmentent, si les adultes absorbent de l'eau (KIRA, GUTHRIE et HUGGANS, 1969). Selon KOZHANCHIKOV (1937) aussi, les femelles sont plus fécondes si on leur donne de l'eau, qu'elle soit ou non additionnée de sucres. GUTHRIE *et al.* (1965) et NAGY (1970) pulvérisent de l'eau dans les cages d'élevage des adultes. Par contre, SALAMA (1970) ne donne à ceux-ci qu'une solution contenant 10 p. 100 de miel.

BOTTGER (1940) note la présence d'enzymes qui digèrent le saccharose mais aucun n'hydrolyse l'amidon et c'est peut-être pour cette raison que l'amidon n'est pas utilisé comme sources de glucides dans les milieux. BECK *et al.* (1949) décèlent dans le tractus digestif une protéase, une peptidase, une lipase et une invertase.

B. — Consommation et amélioration des milieux

La spécificité des facteurs nutritionnels est jugée par la consommation et l'assimilation des milieux artificiels, c'est-à-dire la capacité qu'ont les chenilles de digérer le milieu pour le transformer en énergie et en éléments constitutifs du corps. L'addition de 4 p. 100 d'oxyde de chrome (Cr_2O_3) dans les milieux, permettant une analyse colorimétrique des excréments, donne de bons résultats pour la comparaison des milieux à base de germe de blé, poudres de feuilles ou extraits

de feuilles (LEWIS et RAUN, 1966). Il y a une différence significative pour la consommation et l'utilisation selon l'âge des larves et la composition des milieux. Les chenilles doivent consommer 100 mg (en poids sec) de milieu avec poudre de feuilles, 133 mg de milieu contenant un extrait de feuilles et seulement 82 mg de milieu à base de germe de blé pour atteindre un poids de 100 mg. Le dernier milieu est moins consommé mais mieux utilisé (30,8 à 51,9 p. 100 pour l'ensemble des stades larvaires) que les deux autres milieux (9,8 à 34,2 p. 100).

Afin d'obtenir le meilleur rendement du milieu artificiel, il est souhaitable de l'améliorer. C'est ainsi que REED *et al.* (1972) ont suggéré de diminuer la température à 54°C au lieu de 72°C lors de la préparation du milieu à base de germe de blé.

III. — LES FACTEURS NUTRITIONNELS EN RELATION AVEC LA PLANTE-HÔTE

BOTTGER (1940) constate une survie élevée et une bonne croissance des chenilles sur haricot, petit pois, laitue, betterave et entrenœuds de maïs comme l'ont remarqué BECK et LILLY (1949) à l'aide de jeunes plants de maïs (variétés sensibles et résistantes) sur lesquels du glucose a été pulvérisé. Lorsque les plants de maïs sont complémentés avec de l'acide ascorbique et un ou plusieurs ingrédients du milieu méridique, la survie larvaire est améliorée (SCOTT et GUTHRIE, 1966). Une alimentation sur des feuilles de maïs (contenant 1,1 p. 100 de sucres réducteurs et 2,6 p. 100 de protéines) donne une survie élevée mais un moindre poids des chenilles. On constate l'inverse avec une alimentation sur entrenœuds (5,4 p. 100 de sucres réducteurs et 0,8 p. 100 de protéines) (BOTTGER, 1951). L'alimentation et la survie des chenilles sur les différents organes du maïs sont donc uniquement dépendantes de l'évolution des besoins nutritionnels aux différents stades larvaires. Cet aspect a été étudié souvent en relation avec la résistance du maïs (BECK, 1951, 1957 *a*, *b*).

A. — *Le saccharotrophisme*

Le saccharotrophisme est un terme qui traduit la tendance des chenilles à choisir les substances riches en sucres (BECK, 1956 *a*, *c*). Ce phénomène a une importance sur le comportement larvaire lorsqu'il coïncide avec le phototrophisme négatif et le thigmatotactisme positif. De plus, ce fait explique le déplacement des chenilles au cours de leur évolution sur les divers organes du maïs (BECK, 1956 *c*). Chez les jeunes chenilles, les besoins nutritionnels sont surtout des besoins en protéines ; elles s'alimentent sur les feuilles et le saccharotrophisme leur semble peu utile. Il agit probablement comme stimulus inducteur (« Token stimulus ») pour orienter les chenilles vers les tissus riches en sucres (pollens, épi, etc.) dont elles auront besoin dans les derniers stades. Les organes végétaux riches en protéines et en sucres (pollen, panicule) sont favorables au développement de tous les stades larvaires. Les gaines, pédoncules, entrenœuds ne conviennent qu'aux chenilles âgées qui sont les seules trouvées sur ces organes (BECK, 1956 *c*). Le saccharotrophisme des larves nouveau-nées a pour conséquence l'installation de celles-ci sur les tissus contenant une moindre concentration en certaines substances toxiques. En outre, les sucres jouent sans doute un rôle important dans le choix du maïs comme hôte principal (FRIEND, 1958).

B. — *Les substances toxiques*

Il est prouvé que la forte mortalité des jeunes chenilles sur maïs n'est pas due à une déficience en facteurs nutritionnels mais à la présence d'une substance toxique (BECK, 1957 *b* ; BECK et STAUFFER, 1957). BECK (1957 *b*) a isolé les 3 fractions [Facteur de résistance A (RFA), facteur de résistance B (RFB) et facteur de résistance C (RFC)] qui se montrent biologiquement actives pour

réduire le nombre de chenilles et ralentir leur développement. La concentration en RFA dans les feuilles du cornet détermine la taille et le nombre des morsures, le taux de développement larvaire et l'allongement du temps nécessaire à l'établissement des larves sur les plantes résistantes.

L'activité du RFA est inversement proportionnelle à la concentration en glucose. De plus, le glucose n'intervient pas pour diminuer l'effet du RFA par une forte stimulation de l'alimentation. Mais le sucre réduit l'effet toxique du RFA par une dégradation métabolique et n'a pas d'influence sur l'effet inhibiteur de l'analogue-6-chloro benzoxazolinone (BECK, 1957 a). BECK (1960) illustre le comportement de l'alimentation de chenilles du premier stade en ajoutant le facteur RFA aux différents facteurs nutritionnels. Comme pour les autres insectes, la séquence est la suivante : (1) Orientation (2) morsure (3) alimentation continue. Un milieu contenant du glucose est préféré à un autre avec L-alanine, B-alanine et RFA. Glucose et L-alanine tendent à prolonger l'alimentation mais un mélange RFA + B-alanine ou B-alanine seule, agissent comme répulsifs et diminuent la durée de l'alimentation continue mais n'ont pas d'influence sur les phases orientation et morsure (BECK et HANEC, 1958 ; BECK, 1960). Les chenilles sont attirées par les milieux artificiels contenant des tissus de feuilles de maïs alors que l'addition de RFA dans les milieux contenant du glucose provoque une diminution de leur réponse (BECK, 1960).

C. — Les autres facteurs de l'alimentation

Selon BELL (1956), les parties consommées sur les feuilles du cornet sont les tissus ayant une paroi mince (« Thin walled bulliform tissues »). Les différents facteurs influençant l'alimentation et par conséquent les dégâts sur maïs sont responsables de la variabilité de la réponse de la pyrale à la résistance variétale. L'état physiologique des pieds de maïs affecte largement la survie et le comportement (BOTTGER, 1937 ; POLIVKA, 1931 ; PATCH, 1943 ; BECK et LILLY, 1949). Les facteurs importants qui conditionnent l'alimentation des chenilles sont : la date de semis, la fertilisation, le stade phénologique de la plante, la maturité des feuilles, la variété, l'environnement. La survie et le comportement sont en plus influencés par la variabilité génétique de l'insecte (RATHORE, 1973).

IV. — RELATIONS DE LA PLANTE-HÔTE AVEC LA PYRALE ET LES AUTRES AGENTS BIOLOGIQUES

Trois possibilités peuvent se présenter : (1) les besoins nutritionnels de la pyrale et des autres agents biologiques sont les mêmes, (2) le maïs apporte les éléments nutritifs ou attractifs aux organismes différents de la pyrale, par exemple pucerons — *Rhopalosiphum maidis* FITCH (HABER et GAESSLER, 1932 ; HÜBER et STRINGFIELD, 1942), tachinaire parasite — *Lydella grisescens* R.D. (FRANKLIN et HOLDAWAY, 1966) (3) les dégâts de la pyrale favorisent la pénétration et provoquent des conditions favorables à la croissance des micro-organismes, par exemple *Fusarium* sp. (CHRISTENSEN et SCHNEIDER, 1950 ; CHIANG et WILCOXSON, 1961).

CONCLUSION

La connaissance des besoins nutritionnels (qualitatifs et quantitatifs) de la pyrale est importante pour préparer des milieux artificiels, puisque le besoin peut différer en fonction des possibilités qu'a l'insecte de métaboliser les divers éléments. Les conditions d'aseptie doivent être

correctes (BECK et STAUFFER, 1950) pour maintenir la stabilité du milieu afin d'étudier le rôle de chaque constituant en éliminant l'intervention possible des micro-organismes symbiotiques (RAUN, 1961 ; LEWIS et LYNCH, 1970).

Le métabolisme, qui diffère selon les aliments proposés conditionne la nutrition de la pyrale du maïs. Ces études nous rendent compréhensible la spécificité de la pyrale vis-à-vis des plantes-hôtes. De plus ces connaissances sont utiles pour développer les variétés résistantes de maïs en vue d'une utilisation pratique.

Dans l'avenir, les recherches sur les aspects nutritionnels en relation avec le comportement alimentaire peuvent préciser certains aspects de la biologie et améliorer les moyens de la lutte (PRATT, HOUSE et MANSINGH, 1972).

L'élevage de la pyrale sera facilité par l'optimisation des milieux artificiels afin d'avoir une grande production, utilisable pour l'infestation artificielle des maïs. Cette recherche donc permettra d'étudier la résistance au champ afin de préserver nos cultures et ultérieurement d'aider à l'augmentation potentielle des rendements.

Reçu pour publication en août 1975.

SUMMARY

NUTRITION OF THE EUROPEAN CORN BORER, *OSTRINIA NUBILALIS* HÜBNER (LEPIDOPTERA : PYRAUSTIDAE)

The nutrition of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER is studied particularly, in relation to the specificity of insect for its host plant, *Zea mays* L. The work on specific nutritional requirements (quantitative and qualitative) differing at larval stages, permitted to prepare artificial diets for continuous rearing under laboratory conditions without loss of vigour.

Moreover, the metabolic functions of different substances in diet explain their action on the development, survival and reproduction of corn borer. Thus, these studies have practical importance to precise the feeding behaviour of larvae and the damage in the function of phenological stages of corn and therefore, in order to limit the yield loss through appropriate control measures.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEXANDER N. H. J., 1966. Physiology of diapause development in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (HUBN.) *Diss. Abstr.*, **26**, 5601.
- BECK S. D., 1950. Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.) II. Some effects of diet on larval growth characteristics. *Physiol. Zool.*, **23**, 353-361.
- BECK S. D., 1951. Nutritional aspects of host plant resistance to the European corn borer. *Proc. North. Centr. Br. Amer. Soc. econ. Ent.*, **6**, 58.
- BECK S. D., 1953. Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.) III. An unidentified dietary factor required for larval growth. *J. gen. Physiol.*, **36**, 317-325.
- BECK S. D., 1956 a. Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.) IV. Feeding reactions of first instar larvae. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **49**, 399-405, 510.
- BECK S. D., 1956 b. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.), and its principal host plant. I. Orientation and feeding behaviour of the larvae on the corn plant. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **49**, 552-558.
- BECK S. D., 1956 c. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.), and its principal host plant. II. The influence of nutritional factors on larval establishment and development on the corn plant. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **49**, 582-588.
- BECK S. D., 1957 a. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.), and its principal host plant. IV. Larval saccharotrophism and host plant resistance. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **50**, 247-250.
- BECK S. D., 1957 b. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.), and its host plant. VI. Host plant resistance to larval establishment. *J. Insect Physiol.*, **1**, 158-177.

- BECK S. D., 1960. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HBN.), and its host plant. VII. Larval feeding behavior and host plant resistance. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **53**, 206-212.
- BECK S. D., 1967. Water intake and the termination of diapause in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *J. Insect Physiol.*, **13**, 739-750.
- BECK S. D., CHIPPENDALE G. M., SWINTON D. E., 1968. Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HBN.) VI. A larval rearing medium without crude plant material. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **61**, 459-462.
- BECK S. D., HANEC W., 1958. Effect of amino acids on feeding behavior of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.) *J. Insect Physiol.*, **2**, 85-96.
- BECK S. D., LILLY J. H., 1949. Report on the European corn borer resistance investigations. *Iowa State J. Sci.*, **23**, 249-259.
- BECK S. D., LILLY J. H., STAUFFER J. F., 1949. Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HBN.) I. Development of a satisfactory purified diet for larval growth. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **42**, 483-496.
- BECK S. D., SMISSMAN E. E., 1960. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.), and its principal host plant. VIII. Laboratory evaluation of host plant resistance to larval growth and survival. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **53**, 755-762.
- BECK S. D., STAUFFER J. F., 1950. An aseptic method for rearing European corn borer larvae. *J. econ. Ent.*, **43**, 4-6.
- BECK S. D., STAUFFER J. F., 1957. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HUBN.), and its host plant. III. Toxic factors influencing larval establishment. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **50**, 766-770.
- BECTON A. J., GEORGE B. W., BRINDLEY T. A., 1962. Continuous rearing of European corn borer larvae on artificial medium. *Iowa State J. Sci.*, **37**, 163-172.
- BELL M. E., 1956. Histology of the maize plant in relation to susceptibility to the European corn borer. *Iowa State J. Sci.*, **31**, 9-17.
- BOTTGER G. T., 1937. Physiological effects of nutrients in food plants supplied to the European corn borer. *U. S. D. A., Bur. Ent. Plant. Quar. News Letter.*, **4**, 6.
- BOTTGER G. T., 1940. Preliminary studies of the nutritive requirements of the European corn borer. *J. agric. Res.*, **60**, 249-257.
- BOTTGER G. T., 1942. Developments of synthetic food media for use in nutrition studies of the European corn borer. *J. agric. Res.*, **65**, 493-500.
- BOTTGER G. T., 1951. Sugar and protein in the corn plant as related to nutrition of the European corn borer. *J. econ. Ent.*, **44**, 40-44.
- CHIANG H. C., WILCOXSON R. D., 1961. Interactions of the European corn borer and stalk rot in corn. *J. econ. Ent.*, **54**, 850-852.
- CHIPPENDALE G. M., 1966. Aspects of the nutrition of two polyphagous lepidopterans. *Diss. Abstr.*, **26**, 5603.
- CHIPPENDALE G. M., BECK S. D., 1964. Nutrition of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (HUBN.) V. Ascorbic acid as the corn leaf factor. *Ent. exp. appl.*, **7**, 241-248.
- CHRISTENSEN J. J., SCHNEIDER C. L., 1950. European corn borer (*Ostrinia nubilalis* HBN.) in relation to shank, stalk and ear rots of corn. *Phytopathology*, **40**, 284-291.
- FRANKLIN R. T., HOLDAWAY F. G., 1966. A relationship of the corn plant to the parasitism of European corn borer by the tachinid parasite, *Lydella grisescens*. *J. econ. Ent.*, **59**, 440-441.
- FRIEND W. G., 1958. Nutritional requirements of phytophagous insects. *Ann. Rev. Ent.*, **3**, 57-74.
- GUENNELON G., 1972. La pyrale du Maïs, 1078-1129. In *Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture*. Éd. Balachowsky A. S., Tome II, Vol. 2, Masson et Cie, Paris.
- GUTHRIE W. D., HUGGANS J. C., CHATTERJI S. M., 1969. Influence of corn pollen on the survival and development of second brood larvae of the European corn borer. *Iowa State J. Sci.*, **44**, 185-192.
- GUTHRIE W. D., RAUN E. S., DICKE F. F., PESHO G. R., CARTER S. W., 1965. Laboratory production of European corn borer egg masses. *Iowa State J. Sci.*, **40**, 65-83.
- HABER H. S., GAESSLER W. G., 1942. Sugar content of sweet corn pollen and kernels of inbred and hybrid strains susceptible to tassel infestation by aphids. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, **40**, 429-431.
- HOUSE H. L., 1969. Effect of different proportion of nutrients on insects. *Ent. exp. appl.*, **12**, 651-669.
- HOUSER J. S., HUBER L. L., 1928. Nutrition as a factor in the responses of the European corn borer. *J. econ. Ent.*, **22**, 171-174.
- HUBER L. L., 1936. Mortality of first instar larvae of the European corn borer. *Ohio Agri. Exp. Stn. Bull.*, no. **561**, 44 p.
- HUBER L. L., 1961. Some aspects of corn ecology. *Pennsylvania agric. Exp. Stn. Bull.*, **679**, 55 p.
- HUBER L. L., STRINGFIELD G. H., 1942. Aphid infestation of strains of corn as an index of their susceptibility to corn borer attack. *J. agric. Res.*, **64**, 283-291.
- KIRA M. T., GUTHRIE W. D., HUGGANS J. L., 1969. Effect of drinking water on production of eggs by the European corn borer. *J. econ. Ent.*, **62**, 1366-1368.

- KOZHANCHIKOV I. V., 1937. Experiments on the effect of humidity on the development of corn borer, *Pyrausta nubilalis* HBN. Summary of the scientific work of the Institute of Plant Protection for the year 1936. Part II. Pests and diseases of industrial and fruit crops. *Acad. Agr. Sci. Leningrad*, 361-363.
- LEWIS L. C., LYNCH R. E., 1969. Rearing the European corn borer on corn leaf and wheat germ diets. *Iowa State J. Sci.*, **44**, 9-14.
- LEWIS L. C., LYNCH R. E., 1970. Treatment of *Ostrinia nubilalis* larvae with fumidil B to control *Perezia pyraustae*. *J. Invertebr. Pathol.*, **15**, 44-48.
- LEWIS L. C., RAUN R. E., 1966. Consumption and utilization of laboratory diets by European corn borer. *Iowa State J. Sci.*, **41**, 173-180.
- MALLANBY K., 1958. Water drinking by the larvae of the European corn borer. *J. econ. Ent.*, **51**, 744-745.
- NAGY B., 1970. Rearing the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* HBN.) on a simplified artificial diet. *Acta phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **5**, 73-79.
- PAINTER R. H., 1953. The role of nutritional factors in the host plant selection. *Trans. Ninth Interna. Congr. Ent.*, **2**, 101-105.
- PATCH L. H., 1943. Survival, weight and location of European corn borers feeding on resistant and susceptible field corn. *J. agric. Res.*, **66**, 7-19.
- POLIVKA J. B., 1931. The effect of physiological change in the corn plant on corn borer survival. *J. econ. Ent.*, **23**, 394-395.
- PRATT J. J., HOUSE H. L., MANSINGH A., 1972. Insect control strategies based on nutritional principles: a prospectus. In *Insect and Mite nutrition*, Ed. J. G. Rodriguez, 651-668 Amsterdam/London, North Holland Publ. Comp.
- RATHORE Y. S., 1973. Inheritance and survival on field corn of European corn borer larvae reared on a meridic diet. *Diss. Abstr.*, **33**, 3694.
- RAUN E. S., 1961. Elimination of microsporidiosis in laboratory reared European corn borers by the use of heat. *J. Invertebr. Pathol.*, **3**, 446-448.
- REED G. L., SHOWERS W. B., HUGGANS J. L., CARTER S. W., 1972. Improved procedures for mass rearing the European corn borer. *J. econ. Ent.*, **65**, 1472-1476.
- SALAMA H. S., 1970. Rearing the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* HUBN.) on a semi-artificial diet. *Z. ang. Ent.*, **65**, 216-218.
- SCOTT G. E., GUTHRIE W. D., 1966. Survival of European corn borer larvae on resistant corn treated with nutritional substances. *J. econ. Ent.*, **59**, 1265-1267.
- SURANY P., 1957. Continuous rearing of the European corn borer in the laboratory. *Illinois Nat. Hist. Survey Biol. notes no.*, **37**.
- WRESSELL H. B., 1955. Rearing of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HBN.) on an artificial diet. *Ann. Rept. ent. Soc. Ontario.*, **86**, 10-13.

CHRONIQUE DES LIVRES

KOHN (G. K.) (ed.). — MECHANISM OF PESTICIDE ACTION. — Washington, American Chemical Society, 1974, 176 p., ACS Symposium Series n° 2.

Les communications du symposium tenu en 1974 par l'American Chemical Society sont présentées, dans cet ouvrage, sous la forme de 14 articles évoquant parfaitement les aspects les plus récents et les plus dynamiques de la recherche phytosanitaire.

Sous le titre « Mécanismes et métabolisme des pesticides », la première partie groupe des études d'intérêt très général : les mécanismes d'inhibition de la cholinestérase, les interactions pesticides cytochrome P 450, le métabolisme insecticide chez les insectes, le métabolisme des PCB, les interactions herbicides-lipides. La deuxième partie est consacrée à l'étude de l'activité dans les familles des pesticides les plus récents : pyrethrines de synthèse, formamidines et chimio-stérilisants pour les insecticides, triazinones et carbamates pour les herbicides. Enfin, la troisième partie fournit des informations sur le mode d'action des urées substituées insecticides et la synthèse cuticulaire *in vitro*, ainsi que des considérations sur l'utilisation des *Chlorella* comme modèles pour l'étude des herbicides. Un dernier article sur l'action biocide des benzyldidenemalononitriles termine l'ouvrage.

J.-L. R.

GRASSE (P. P.) (éd.). — TRAITÉ DE ZOOLOGIE. — T. VIII, fasc. 3, 910 p., 518 fig., Paris, Masson 1975.

Ce fascicule, le second paru du vol. VIII traitant des généralités sur les insectes est consacré aux téguments, au système nerveux et aux organes sensoriels.

Les différentes rubriques sont les suivantes : l'épiderme (P. P. GRASSE), la cuticule (P. P. GRASSE), chitine et complexes chitino-protéiques de la cuticule (Ch. JEUNIAUX), qualités particulières de la cuticule (R. POISSON et P. P. GRASSE), phanères épidermiques (P. P. GRASSE), pigment des Insectes (M. VUILLAUME), les couleurs physiques et structurales du tégument des Insectes (P. P. GRASSE), les glandes tégumentaires des Insectes (P. P. GRASSE), le système nerveux des Insectes (P. P. GRASSE), les organes péricaryopathiques (M. RAABE), les organes sensoriels : mécanorécepteurs et mécanoréception, chimiorécepteurs (olfaction et gustation), thermorécepteurs (P. P. GRASSE), audition et ouïe, yeux et vision (H. AUTRUM).

Cet ouvrage est dans la tradition de ce « Traité de Zoologie » mondialement apprécié. Son iconographie abondante utilise non seulement la précision du dessin au trait mais aussi celle de la photographie au microscope à balayage. C'est l'ouvrage de référence sur ces sujets.

J. d'A.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

C'est de Parme que nous est parvenue la nouvelle de la mort brutale du Docteur Ernest BOESIGER, le 29 août 1975.

Il a disparu en pleine activité puisque c'est au cours d'une Réunion scientifique internationale qu'il a succombé à un accident cardiaque.

Né en Suisse en 1914, le Docteur BOESIGER, a enseigné comme instituteur à Bâle, et était en France depuis 1947, où il avait été accueilli par le Professeur TEISSIER avec une bourse du C.N.R.S. M. BOESIGER avait travaillé dès ce moment-là sur le problème de l'isolement sexuel intraspécifique chez *Drosophila melanogaster*. Dès le début, ses travaux sur l'importance de l'isolement sexuel dans les mécanismes de spéciation, l'ont obligé à examiner l'importance de ces phénomènes dans l'évolution des espèces.

C'est à ce titre que les travaux de M. BOESIGER ont revêtu une très grande importance pour l'étude de la dynamique des populations, car la mise en évidence de l'hétérogénéité des populations détermine dans une grande mesure l'impact écologique de ces dernières.

Ancien élève du Professeur TEISSIER, qui a introduit les concepts de la génétique des populations en France, il a été profondément inspiré par les travaux de DOBZHANSKY, SIMPSON, MAYR, LERNER et FORD. Il est donc parti de l'hypothèse que l'hétérogénéité des populations naturelles est une nécessité écologique, imposée par l'hétérogénéité des conditions de l'environnement, aussi bien dans l'espace que dans le temps. Ainsi, contrairement à des opinions généralement admises, l'hétérogénéité génétique d'une population avec multiplication des génotypes possibles, est une obligation pour permettre la survie de la population. Il n'y a pas de génotype optimal et tout autre type de population doit donc tenir compte de la largeur du pool génique et ainsi de la variabilité des réactions éthologiques et évidemment écologiques.

C'est, en grande partie, grâce à son action que l'importance de la notion d'hétérogénéité des populations commence à être perçue par ceux qui étudient les relations écologiques. Il n'avait pas achevé ses travaux dans ce domaine ; c'est pourquoi, la perte pour l'Écologie française, provoquée par la mort du Docteur Ernest BOESIGER, va être particulièrement lourde. Il ne sera plus là pour inciter les écologistes à tenir compte de cet élément capital et son pouvoir de conviction manquera pour entraîner l'évolution des études dans ce domaine. Son travail a montré que la sélection naturelle n'élimine pas l'hétérogénéité des populations, au contraire, en donnant l'avantage aux hétérozygotes, elle contribue à son maintien. Ernest BOESIGER a ainsi démontré que la grande vigueur des mâles hétérozygotes, l'importance du pouvoir reproducteur des mâles et des femelles hétérozygotes sont des éléments considérables contribuant au maintien de l'hétérogénéité. Il a appuyé sa démonstration sur l'étude du pouvoir fécondant des mâles à forte consanguinité et des mâles à degré élevé d'hétérozygotie. Ce travail repris chez la Caille japonaise montre qu'il ne s'agit pas d'un phénomène particulier aux *Drosophiles*, mais concerne bien des groupes très différents d'animaux.

Grâce à l'étude morphologique de populations sauvages isolées de *Drosophiles* d'îles Grecques, il a montré que cette hétérogénéité se traduisait par la présence d'un grand nombre de gènes mutants, provoquant une diminution de la valeur adaptative, dès que des croisements consanguins sont effectués. Un tel fardeau génétique ne se maintient que parce que les hétérozygotes ont un avantage adaptatif supérieur.

Dans ces conditions, la conservation des allèles mutés dans la population contribue à la diversification des génotypes possibles par augmentation du pool génique. Les possibilités adaptatives dans des conditions écologiques par nature instables, se trouvent ainsi considérablement augmentées. BOESIGER en concluait que la tendance générale est la diversification par augmentation de la valence écologique de la population.

La conclusion, malheureusement incomplète de tout son travail, est que toute tentative par sélection artificielle d'homogénéiser une population entraîne des conditions écologiques très graves puisqu'elle réduit la valeur adaptative de la population. Malheureusement, le Docteur Ernest BOESIGER ne sera plus là pour lutter contre les dangers entraînés dans le domaine de l'agriculture par une telle pratique. Les conséquences désastreuses de l'isogénéisation sur la résistance aux consommateurs et aux décomposeurs de végétaux cultivés au Brésil et aux U.S.A. et

d'animaux domestiques en France n'ont malheureusement pas suffi pour modifier l'approche de la stratégie. Il ne sera plus là non plus pour s'élever avec force contre les inepties racistes, dont il avait montré ainsi le danger écologique.

Le Docteur BOESIGER avait fait 45 publications scientifiques. Il a été l'auteur avec DOBZHANSKY de l'ouvrage « Essais sur l'évolution », paru en 1968 chez Masson. En dehors de ses nombreuses publications scientifiques, son intérêt pour les oiseaux s'est manifesté tout au cours de son existence et, parallèlement, il a publié des ouvrages remarquablement bien présentés sur les oiseaux (« Un Oiseau est né » chez Flammarion en 1965 ; « Les Oiseaux de nuit » chez Flammarion en 1968). Ceci montre que le Docteur BOESIGER n'était pas seulement un excellent expérimentateur et un théoricien averti mais que, parallèlement, il savait rédiger des ouvrages pour un grand public, de façon à communiquer à ses lecteurs son amour pour la nature.

Le Docteur BOESIGER était un modèle pour les écologistes en ce sens qu'il associait la rigueur expérimentale à une capacité très grande d'observation des phénomènes de la nature.

Parallèlement, depuis 1967, il communiquait son savoir au cours d'enseignements, depuis la dynamique des populations à l'Université de Paris, au comportement, à la génétique des populations, l'évolution et la génétique écologique qu'il enseignait à Montpellier où il avait été nommé en 1973. De même, il avait donné une série de cours au Collège de France et à l'Université Notre-Dame de l'Indiana aux U.S.A.

Membre de nombreuses sociétés savantes, il a, en particulier, été Membre actif de la Société d'Écologie, et le gouvernement italien l'avait nommé Membre du Conseil National de la Recherche.

La Société française d'Écologie ne peut, devant une telle perte, que s'associer à l'hommage rendu par les biologistes français et par les généticiens écologistes du monde entier.

V. LABEYRIE

CONTENTS

Marie-Madeleine BREUGNON, J. R. LE BERRE. — Fluctuation of the <i>haemocytar formula</i> and of the Haemolymph volume in the caterpillar <i>Pieris brassicae</i> L.	I
M. Y. Y. AHMED, Y. S. SALEM, E. A. ELBADRY. — The reproductive system of the southern cowpea weevil, <i>Callosobruchus maculatus</i> F. (Col. Bruchidae)	13
G. IPERTI, I. HODEK. — Development of diapause in the females of <i>Semiadalia undecimnotata</i> SCHN.	17
My Hanh LAUNOIS. — Method for studying the diet of the migratory locust (<i>Locusta migratoria capito</i> (SAUSS)) under natural conditions	25
R. T. GAHUKAR. — Relations between various larval and pupal parameters as per sex and larval diet of <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER	33
J. M. RABASSE, E. BRUNEL, R. DELECALLE, Joëlle ROUZE-JOUAN. — Effect of the size of the yellow water pans on the catches of aphids in a carrot field	39
E. GUREVITZ. — Contribution to the study of the <i>Scolytidae</i> . II. — Population dynamics of <i>Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus</i> EGGERS in Israël	53
S. POITOUT, R. BUES. — Incidence of adult migrations on the level and the structural variability of the genetic heterogeneity among the natural populations of <i>Lepidoptera Noctuidae</i>	69
R. CAUSSE. — Codling moth in the Rhône Valley : cocooning sites and winter survival of the mature larvae in modern apple orchards <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (<i>Lep. Tortricidae</i>)	83
J. A. TORIBIO. — Consequences of fungicidal treatments on <i>Acrostalagmus aphidum</i> (<i>Fungi imperfecti</i>) pathogenic to aphids	103
F. LECLANT, G. LABONNE, F. LAURIAUT, M. RENOUST. — Tests of juvenile hormone analogues on <i>Mizus persicae</i> SULZ. (<i>Hom. Aphididae</i>) in peach orchards	109
<i>Bibliographical review.</i>	
R. T. GAHUKAR. — Nutrition of the European corn borer, <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER (<i>Lepidoptera : Pyraustidae</i>)	119
<i>Book reviews</i>	129

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — le titre du mémoire : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — le nom des auteurs, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — le nom des techniciens ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — le nom de l'établissement, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *résumé* : (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusions* ; f) *titre et résumé anglais* ou destinés à être traduits en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très complet. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit à l'état définitif soit à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit × 0,5, soit × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos : 9 × 12 ; 4 photos : 9 × 5,5 ; 6 photos : 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité pour les tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. BILIOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78000 Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1976	France	Étranger	Le No
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n ^{os} par an	270 F	296 F	65 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n ^{os} par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n ^{os} par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 6 n ^{os} par an ⁽¹⁾	270 F	296 F	65 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n ^{os} par an	210 F	232 F	65 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 n ^{os} par an	240 F	264 F	85 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 n ^{os} par an	125 F	140 F	85 F

⁽¹⁾ En 1976, les Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique passent de 4 n^{os} à 6 n^{os} par an.

APIDOLOGIE, 4 n^{os} par an — Abonnement : France : 60 F — Étranger sauf R. F. A. : 70 F
— Le numéro : France : 20 F — Étranger sauf R. F. A. : 25 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Carte pédologique de France à 1/100 000. Angoulême H-16 et notice explicative par G. Callot. 171 p. et une carte, 1975	53,50 F
Carte pédologique de France à 1/100 000. Moulins L-14 et notice explicative par J. C. Favrot. 177 p. et une carte, 1974	53,50 F
Carte pédologique de France à 1/100 000. Toulon P-23 et notice explicative par J. Portier. 107 p. et une carte, 1974	53,50 F
Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux, Paris, 21-22 novembre 1973. 141 p., 1974	52,00 F
L'I. N. R. A. au service des Industries agricoles et alimentaires. Inventaire des Recherches. 266 p., 1974	35,00 F
Symposium international sur la conservation des grains récoltés humides, Paris, 5-10 mars 1973. 762 p., 1973	150,00 F
Le Pois. Étude génétique des caractères, classification, caractéristiques variétales portant sur les variétés inscrites au catalogue officiel français, par R. Cousin. 111 p. et 140 fiches, 1974	150,00 F
Contribution à l'étude de la Faune de France. Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), par J. M. Gourreau. 223 p., 1974	85,00 F
Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par P. Augé, P. Allemand, R. Hamès. 144 p., 1973	58,85 F
Colloque sur l'ovogenèse et la folliculogenèse, Nouzilly, 14-16 déc. 1972. 258 p., 1973	120,00 F
Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A. - C. N. R. S. 549 p., 1973	160,50 F
Recherches acridiennes à Madagascar. 262 p., 1972	80,00 F
IV^e Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970. 211 p., 1972	60,00 F
Lombriciens de France, Écologie et Systématique, par M.-B. Bouché. 671 p., 1972	150,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

TABLE DES MATIÈRES

Marie-Madeleine BREUGNON, J. R. LE BERRE. — Variation de la formule hémocytaire et du volume d'hémolymph chez la Chenille de <i>Pieris brassicae</i> L.	I
M. Y. Y. AHMED, Y. S. SALEM, E. A. ELBADRY. — The reproductive system of the southern cowpea weevil, <i>Callosobruchus maculatus</i> F. (Col. <i>Bruchidae</i>) (Le système reproducteur de <i>Callosobruchus maculatus</i> F. (Col. <i>Bruchidae</i>))	13
G. IPERTI, I. HODEK. — Développement de la diapause chez les femelles de <i>Semiadalia undecimnotata</i> SCHN.	17
My Hanh LAUNOIS. — Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du Criquet migrateur <i>Locusta migratoria capito</i> (SAUSS.)	25
R. T. GAHUKAR. — Relations entre divers paramètres larvaires et nymphaux selon le sexe et le milieu d'alimentation chez <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER	33
J. M. RABASSE, E. BRUNEL, R. DELECOLLE, Joëlle ROUZE-JOUAN. — Influence de la dimension de pièges à eau colorés en jaune sur les captures d'aphides dans une culture de carotte	39
E. GUREVITZ. — Contribution à l'étude des Scolytidae. II. — Dynamique des populations du Scolyte méditerranéen <i>Scolytus (Ruguloscolytus) mediterraneus</i> EGGERS en Israël	53
S. POITOUT, R. BUES. — L'incidence des migrations d'adultes sur le degré et sur la variabilité structurale de l'hétérogénéité génétique dans les populations naturelles de Lépidoptères <i>Noctuidae</i>	69
R. CAUSSE. — Étude de la localisation et de la mortalité hivernale des larves de <i>Laspeyresia pomonella</i> L. (<i>Lepidoptera</i> , <i>Tortricidae</i>) en vergers modernes de pommiers de la basse Vallée du Rhône	83
J. A. TORIBIO. — Conséquences de traitements fongicides sur <i>Acrostalagmus aphidum fungi imperfecti</i> pathogène pour les pucerons	103
F. LECLANT, G. LABONNE, F. LAURIAUT, M. RENOUST. — Essais d'analogues d'hormones juvéniles sur <i>Myzus persicae</i> SULZ. (<i>Hom. Aphididae</i>) en verger de pêchers	109
Mise au point bibliographique.	
R. T. GAHUKAR. — Nutrition de la pyrale du maïs <i>Ostrinia nubilalis</i> HÜBNER (<i>Lepidoptera</i> : <i>Pyraustidae</i>)	119
Chronique des livres	129

Contents, see at the end of the issue

Les Annales de Zoologie - Écologie animale figurent dans Current Contents